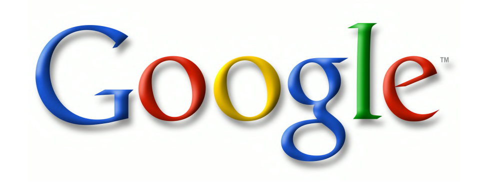
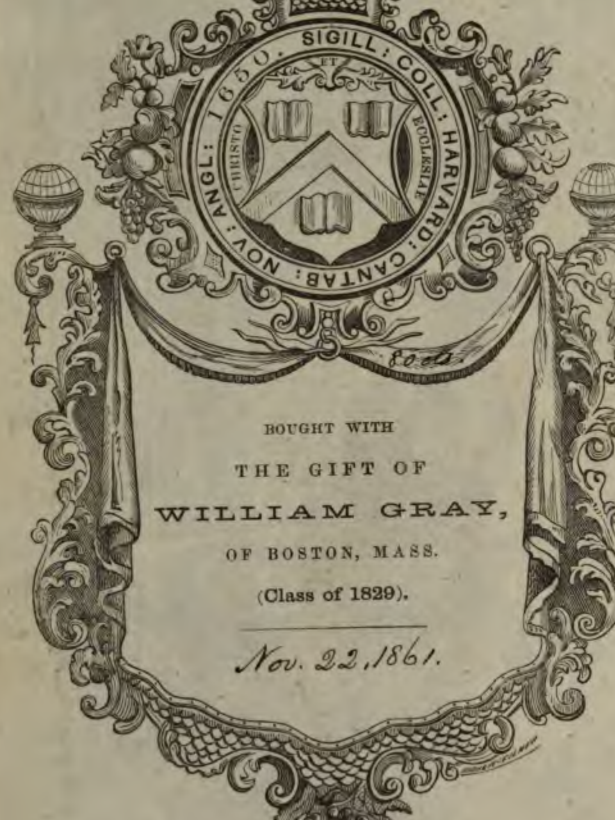



SIGILL: COLL: HARVARD: CANTAB: NOV: ANGL: 1650.
CHRISTO ET ECCLESIAE



RECHERCHES

SUR

LA NON-HOMOGÉNÉITE

DE

L'ÉTINCELLE D'INDUCTION

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE
RUE SAINT-BENOIT, 7

RECHERCHES

SUR

LA NON-HOMOGÉNÉITÉ

DE

L'ÉTINCELLE D'INDUCTION

PAR

LE Vte TH. DU MONCEL
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

PARIS
L. HACHETTE ET Ce LIBRAIRES-ÉDITEURS
RUE PIERRE-SARRAZIN, 14

1860

RECHERCHES

SUR

LA NON-HOMOGÉNÉITÉ

DE

L'ÉTINCELLE D'INDUCTION

I.

EXPOSÉ DES PHÉNOMÈNES OBSERVÉS.

Si on examine avec attention l'étincelle de l'appareil d'induction de Ruhmkorff, on reconnaît qu'elle n'est pas simple comme celle qui résulte des machines électriques et des courants voltaïques. Elle se compose à l'œil nu d'un ou de plusieurs traits lumineux d'une grande blancheur entourés d'une espèce de gaîne ou enveloppe lumineuse d'un rouge verdâtre assez terne qui semble former autour d'elle comme une *atmosphère lumineuse.* Ce sont ces deux parties de l'étincelle, constituant un *double flux électrique,* que j'ai observéees le premier en 1855, et qui ont été l'objet de mes recherches depuis cinq ans, que nous allons étudier avec détails dans le présent mémoire.

Dès l'année 1855, j'avais déjà constaté que cette espèce d'atmosphère de l'étincelle d'induction était due princi-

palement à l'échauffement de l'air dans le voisinage de l'étincelle, lequel échauffement, ayant pour effet de former *un conducteur secondaire,* devait permettre à la décharge de se dériver en grande partie par cette voie en produisant l'illumination propre aux courants qui traversent un conducteur imparfait; or, comme un courant traversant un corps gazeux partiellement conducteur est nécessairement dépendant des réactions qui peuvent affecter ce conducteur, de même que celui-ci est dépendant des actions qui peuvent réagir sur le courant lui-même, j'avais conclu qu'une insufflation énergique ou l'intervention d'un électro-aimant puissant devait réagir d'une manière directe sur l'atmosphère de l'étincelle d'induction et la projeter sous la forme d'une nappe de feu plus ou moins développée. C'est en effet ce que l'expérience me démontra. Mais une chose particulière et que le raisonnement n'aurait pu faire prévoir *à priori,* c'est que les jets lumineux, constituant en quelque sorte la décharge directe, ne se trouvent pas impressionnés par ces deux sortes de réactions. Je suis même parvenu, par l'insufflation, à séparer complétement l'un de l'autre les deux flux électriques, et j'ai pu, dès lors, reconnaître les propriétés électriques de chacun d'eux. C'est ainsi que j'ai pu constater *que la décharge traversant l'atmosphère lumineuse jouit de toutes les propriétés de l'électricité de quantité ou des piles, tandis que la décharge directe* (les jets brillants) *jouit de toutes les propriétés de l'électricité de tension fournie par les machines électriques ordinaires.*

Depuis mes premières recherches, de nouvelles expériences ont éclairé d'un nouveau jour la question; j'ai en effet constaté que, si l'action calorifique de l'étincelle contribuait beaucoup à son développement et particulièrement à celui de son atmosphère lumineuse, la cause initiale de sa formation et de sa propagation à travers la

solution de continuité du circuit devait être principalement attribuée aux *réactions mécaniques* de l'électricité produites aux extrémités disjointes de ce circuit sur les particules extrêmement ténues et légères du milieu gazeux traversé par la décharge. Ces réactions, qui ont pour effet de dilater ce milieu et de lui donner une certaine *conductibilité dite mécanique*, sont en effet de deux sortes : les unes sont produites par les répulsions polaires, les autres par les actions réciproques des deux flux de l'étincelle l'un sur l'autre, et toutes deux concourent, comme nous le verrons dans la suite de ce mémoire, à faciliter la transmission des deux flux.

Pour analyser d'une manière plus complète le phénomène, j'ai voulu soumettre l'étincelle aux expériences microscopiques, et j'ai pu m'assurer que l'atmosphère qui l'entoure n'est rien autre chose que la représentation en miniature du curieux phénomène de la lumière d'induction dans le vide. Ainsi elle se compose d'une lumière rouge au pôle positif, d'une lumière bleue au pôle négatif, et un intervalle obscur sépare les deux lumières que traversent les jets de feu de la décharge directe. J'ai même pu, en échangeant l'étincelle à travers la flamme d'une bougie, retrouver dans cette atmosphère le curieux phénomène de la lumière électrique stratifiée qui se trouve si marqué et si développé dans le vide. Enfin, pour compléter l'étude physique de l'étincelle d'induction à l'air libre, j'ai analysé la lumière fournie par les deux flux électriques, et j'ai reconnu que le spectre fourni par l'atmosphère lumineuse qui ne varie que suivant la nature des gaz où cette lumière se produit, se rapproche considérablement du spectre de la lumière positive produite par l'étincelle échangée au sein d'un vide fait sur de l'air atmosphérique ou sur de l'azote, tandis que le spectre du trait lumineux

est presque identique avec celui de l'étincelle des machines ordinaires.

Les différentes expériences que j'ai entreprises dans le but d'étudier d'une manière complète ces différents phénomènes m'en ont fait voir d'autres d'un intérêt non moins grand. Ainsi, j'ai constaté qu'on pouvait faire prédominer tel ou tel des deux courants (inverse et direct) qui composent le courant induit de la machine de Ruhmkorff, suivant la nature du circuit parcouru par ces courants; je suis même parvenu à séparer complétement ces deux courants et à les confiner dans deux circuits particuliers, de manière à ce qu'ils puissent réagir indépendamment l'un de l'autre. Il en résulte donc par le fait que *j'ai non-seulement dédoublé l'étincelle d'induction, mais encore que j'ai dédoublé le courant induit lui-même, dont un seul des courants qui le composent* (le courant direct) *donne naissance à l'étincelle.*

Tels sont les résultats généraux auxquels m'ont conduit mes recherches sur la non-homogénéité de l'étincelle d'induction. Nous allons mainteuant étudier le phénomène dans ses détails et avec les particularités curieuses qu'il présente.

II.

APPAREILS POUR L'ÉTUDE DE LA NON-HOMOGÉNÉITÉ DE L'ÉTINCELLE D'INDUCTION.

Les appareils que j'ai employés dans mes recherches sont :

1° Deux machines ordinaires de Ruhmkorff, du modèle ci-contre (fig. 1), fournissant des étincelles de 1 centimètre environ avec un élément de Bunsen;

2° Un excitateur micrométrique;

3° Un excitateur à insufflation;

4° Un électro-aimant à pôles rapprochés muni d'un excitateur à pinces;

5° Une lunette spectre,

6° Deux galvanomètres de Ruhmkorff utilisés généralement pour les usages médicaux;

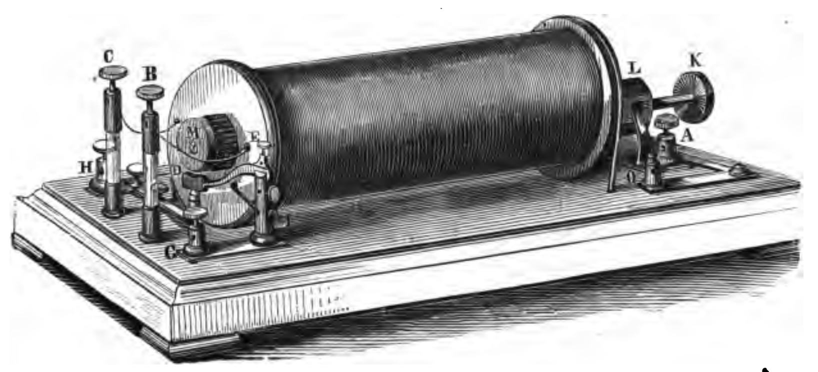


Fig. 1.

7° Un microscope ordinaire avec attaches pour les rhéophores et fiches d'une disposition particulière;

8° Un tube pour l'étude de l'étincelle à travers les gaz à différentes pressions;

9° Une double loupe ou une lunette panfocale de M. Porro ou même la lunette du microscope montée horizontalement sur un pied;

10° Un bougeoir et une lampe à esprit de vin avec support mobile;

11° Tabourets isolants, condensateurs, rhéophores à manches, tubes, etc., etc.

De ces différents appareils, nous ne décrirons que ceux qui présentent une construction particulière.

1° *Excitateur micrométrique.* — On a combiné plusieurs systèmes d'excitateurs micrométriques dont la forme a varié suivant les différents usages auxquels on a voulu

les appliquer. Celui que nous représentons ci-dessous et que j'ai combiné moi-même après plusieurs essais différents m'a paru le plus convenable, non-seulement sous le rapport de la commodité dans les expériences qu'on peut faire avec la machine d'induction, mais encore pour la précision de ces expériences.

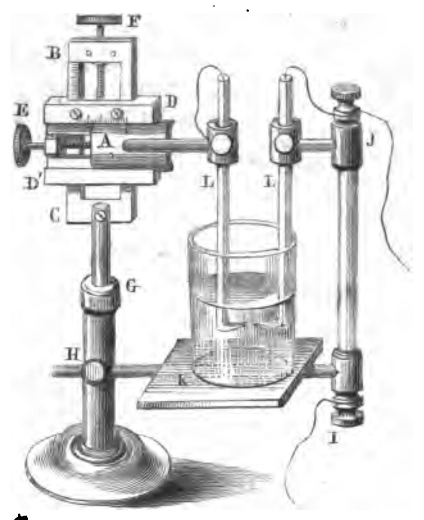


Fig. 2.

Il se compose, comme on le voit, d'un système mobile micrométrique et d'un système qu'on pourrait appeler *fixe* parce qu'il reste fixe une fois la disposition de l'appareil arrêtée, mais qui peut néanmoins se prêter à tous les arrangements que l'on désire. A cet effet, le système fixe se compose d'une tige horizontale qui glisse dans un trou pratiqué sur le pied du système mobile et qu'on peut fixer en tel ou tel point de sa longueur au moyen d'une vis. Cette tige porte une autre tige isolante de verre qui se termine par une espèce de porte-objet JL sur lequel on peut fixer

les différents excitateurs que l'on veut à l'aide d'une vis de pression. Ce porte-objet ou plutôt ce bout de tube L peut être tourné sur lui-même de manière à porter en avant ou en arrière l'excitateur qui s'y trouve fixé. Enfin, une planchette K, fixée sur la tige KH, permet d'y déposer une petite cuve en verre ou simplement un verre à boire pour l'étude de l'étincelle à travers les liquides.

Le système mobile micrométrique se compose d'un chariot mobile A muni d'un porte-objet L semblable à celui de l'appareil fixe et assujetti à deux mouvements rectangulaires. A cet effet, ce chariot, qui n'est rien autre chose qu'une lame un peu recourbée sur deux de ses côtés, glisse entre deux coulisses horizontales fixées sur un bâti DD′, et ce bâti lui-même, muni à ses deux extrémités de deux coulisses verticales, se meut le long de la pièce BC qui lui sert de guide. Deux vis E et F, fixées sur chacun de ces systèmes, permettent l'une E de faire mouvoir le chariot horizontalement, l'autre F de le faire mouvoir verticalement par l'intermédiaire du bâti DD′. Des divisions, tracées de demi-millimètres en demi-millimètres sur le bâti DD′ et sur le guide BC, permettent d'apprécier facilement l'étendue de ces mouvements. C'est ce qui constitue la partie micrométrique de l'appareil. Enfin, le guide BC étant lui-même monté sur une tige qui peut glisser dans le pied de l'appareil, le système mobile peut être tourné comme il convient, fixé à la hauteur que l'on désire, et même être retiré complétement du reste de l'appareil.

Des baguettes de Wollaston, des tiges coudées à porte-crayons, des tiges à pinces de diverses formes, etc., sont les accessoires de cet appareil.

Pour s'en servir, il suffit de disposer, l'une en face de l'autre, les pointes de l'excitateur dans les positions qu'elles doivent occuper, ce que l'on fait en usant des

différents systèmes régleurs que nous avons décrits; puis on approche au contact (sans forcer) ces deux pointes. On lit alors sur le micromètre la position du chariot, et on tourne la vis E ou la vis F jusqu'à ce qu'on ait écarté les rhéophores de la distance voulue, distance qu'on peut apprécier rigoureusement, ainsi que nous l'avons vu.

Excitateur à insufflation. — Cet excitateur, que nous représentons figure 3, est, comme on le voit, double et

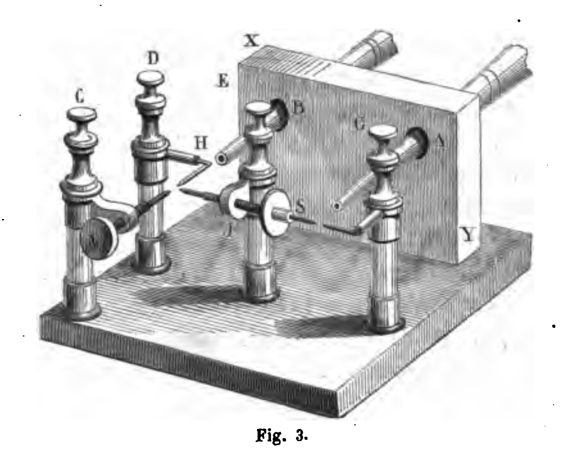


Fig. 3.

disposé pour qu'on puisse analyser les effets de l'insufflation, suivant qu'elle est produite normalement à la décharge ou dans le sens même de cette décharge. Il peut être adapté à des souffleries ou à de simples soufflets à doubles vents. Les tuyaux de ces appareils sont maintenus dans une position fixe et déterminée par deux trous A et B pratiqués dans une planche-support XY. Quatre colonnes C, D, J, G, isolées sur des pieds de verre, portent les différentes tiges de l'excitateur qui doivent être d'un très-petit diamètre (1 millimètre environ), afin que les décharges soient d'une longueur suffisante, et de

ne pas masquer les effets de l'insufflation; les deux colonnes D et G portent d'une manière fixe les deux tiges coudées H et I; mais les deux autres colonnes C et J sont munies de vis terminées par des bouts effilés afin de pouvoir faire varier la longueur de l'étincelle.

La vis S de la colonne J ayant une double fonction à remplir, est terminée par deux bouts effilés; d'un côté elle sert à exciter l'étincelle de la part du rhéophore I, de l'autre de la part du rhéophore H; et pour que son extrémité, en rapport avec ce dernier rhéophore, puisse prendre toutes les positions possibles par rapport à lui, le support de cette vis peut tourner horizontalement autour de la colonne J qui lui sert de pivot. Toutes ces colonnes et les pas de vis eux-mêmes doivent être recouverts d'une couche très-épaisse de vernis à la gomme laque, afin d'empêcher l'électricité de se perdre par les parties anguleuses. L'expérience m'a démontré que cette précaution était indispensable. Inutile de dire que les parties supérieures de ces colonnes sont munies de vis de pression pour fixer les fils de communication avec l'appareil.

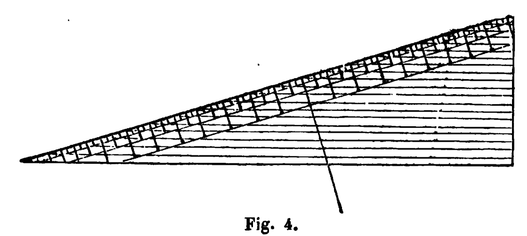


Fig. 4.

Comme accessoire de cet appareil, il est important d'avoir un micromètre à coin de la forme de la figure ci-dessus pour apprécier les différents degrés d'écartement des rhéophores.

Électro-aimant avec excitateur à pinces. — Cet appareil,

destiné à étudier les réactions des aimants sur l'étincelle d'induction, se compose d'abord d'un fort électro-aimant MM, figure 5, dont les pôles sont surmontés de deux plaques de fer doux A, B munies chacune d'une rainure. Ces plaques sont fixées sur ces pôles à l'aide de deux fortes vis, de manière à ce que leurs extrémités soient à environ 8 millimètres l'une de l'autre. Sur l'une de ces plaques est fixée, à l'aide d'une vis de pression H, l'excitateur à pinces, qui consiste dans un disque de caoutchouc durci C, auquel sont adaptées les deux pinces D et E, qui communiquent métalliquement avec deux boutons d'attache destinés à mettre l'appareil en rapport

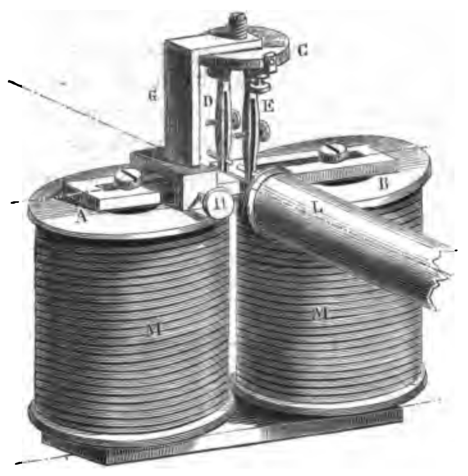


Fig. 5.

avec le circuit induit. Par l'intermédiaire de ces pinces, on peut fixer, à distance voulue l'un de l'autre, les appendices conducteurs entre lesquels on veut faire éclater l'étincelle; et comme le disque isolant C peut tourner (à frottement dur) dans son plan au-dessous de l'équerre

qui lui sert de support, on peut faire passer la décharge suivant la ligne équatoriale de l'électro-aimant ou suivant sa ligne axiale, sans changer en aucune façon la disposition réciproque des rhéophores. En avançant même l'excitateur vers l'extrémité de la plaque A, jusqu'à ce que l'axe du disque C coïncide avec l'axe du pôle B de l'électro-aimant, on peut étudier l'action produite par ce pôle selon le sens azimutal de la décharge.

Pour que les réactions de cet appareil soient bien visibles et bien nettes, la pile qui anime l'électro-aimant doit être composée d'au moins quinze éléments de Bunsen.

Comme complément, cet appareil doit avoir des rhéophores de rechange, faits avec différents métaux

Fig. 6.

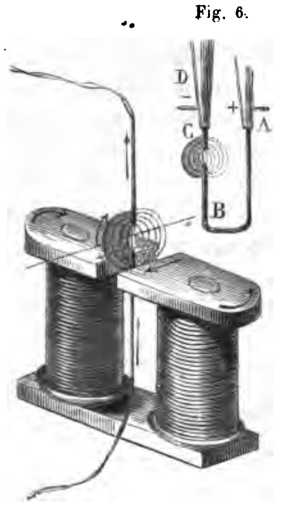


Fig. 7.

et des charbons de différentes espèces; ceux-ci doivent être taillés en lamelles assez minces pour entrer dans les pinces D et E et être un peu effilés. Pour étu-

dier l'action des aimants sur les décharges verticales, il faut que ces rhéophores soient disposés comme dans la figure 6, page 11. Mais afin d'empêcher les décharges latérales, ils doivent être entourés de gutta-percha jusqu'au point où se produit l'étincelle; la longueur de celle-ci peut d'ailleurs être estimée au moyen du micromètre à coin dont nous avons déjà parlé.

Lunette spectre. — Le goniomètre de M. Babinet, que l'on emploie généralement dans le genre d'expériences qui nous occupent, est d'un réglage tellement difficile, qu'il ne pourrait guère se prêter aux vacillations des lumières qu'on a à analyser dans l'étincelle échangée à l'air libre. M. Duboscq a construit pour cet usage un instrument beaucoup plus commode et auquel on peut donner le nom de lunette spectre.

Le principe de cet appareil est très-simple, et pour le faire comprendre il nous suffira de faire observer qu'au moyen de prismes rectangulaires disposés par rapport aux rayons lumineux, de manière à fournir leur réflexion totale, on peut dévier à volonté un faisceau lumineux, soit simple, soit décomposé, absolument comme si l'on avait recours à des miroirs.

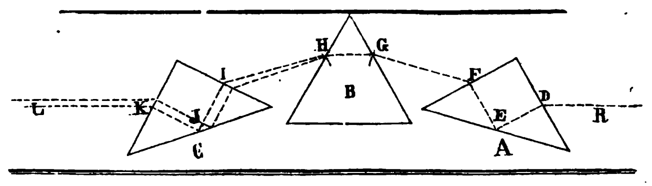


Fig. 8.

Supposons donc qu'à l'intérieur d'un tube muni d'une fente assez étroite soit disposé un système de prismes A, C, B (fig. 8), dont les deux premiers soient rectangulaires et placés de manière à être traversés par les rayons

lumineux sous l'angle convenable pour la réflexion totale de ceux-ci. On comprendra que si le troisième prisme se trouve placé symétriquement par rapport aux deux autres, les rayons réfléchis par le prisme A pourront traverser le prisme B parallèlement à l'axe de la lunette, et comme ces rayons, qui seront alors décomposés, subiront après leur émergence une seconde réflexion de la part du prisme C, ils se trouveront maintenus parallèles à l'axe de la lunette et projetteront l'image du spectre à l'extrémité du tube par laquelle on regardera.

En effet, soit R le faisceau de rayons lumineux passant à travers la fente du tube; ce faisceau, en se réfractant en D, se réfléchira en E pour émerger en F. Alors il ne suivra plus une ligne parallèle à R, et si le prisme B se trouve convenablement placé par rapport au prisme A, le rayon émergé FG pourra être réfracté suivant une ligne GH parallèle à la base du prisme B, ce qui fournira le spectre du faisceau R à son minimum de déviation; mais au sortir du prisme B, ce spectre vient tomber en I sur le prisme C, et là, au lieu de se réfracter de nouveau, il subit en J une réflexion totale qui le renvoie en K, d'où il émerge en L parallèlement à l'axe du tube de la lunette.

Dans l'appareil de M. Duboscq, que nous avons représenté (fig. 9), les deux prismes réflecteurs sont placés sur une petite tablette fixée dans la partie de la lunette de B en E. Le troisième est adapté à l'extrémité d'un treuil A au moyen duquel on peut le faire tourner sur son axe, pour obtenir exactement le minimum de déviation. Les trois prismes ont leurs axes parfaitement parallèles, de sorte qu'il n'est pas besoin de vérifier leur position respective. Enfin, le disque C porte la fente très-étroite par laquelle pénètre la lumière, et l'œil est placé en B.

La pièce D est un écrou portant le treuil A et qui est vissé sur la partie carrée H de la lunette. Par cette dispo-

sition, on peut retirer à volonté le prisme qui fournit le spectre. Les deux autres se démontent en dévissant de dessus la pièce H les deux bouts de tubes E et B.

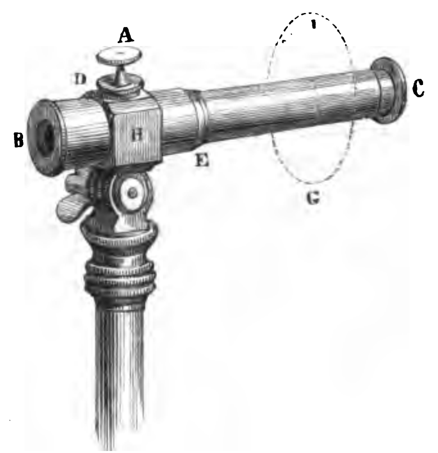


Fig. 9.

Quelquefois on peut employer l'appareil tel que nous venons de le décrire; c'est quand la lumière à analyser est très-faible; le spectre paraît très-petit, il est vrai, mais il est très-net et les couleurs sont très-distinctes. Quand, au contraire, cette lumière est brillante, on adapte au lieu et place du disque B une lunette semblable à celle du goniomètre de M. Babinet; le spectre est alors considérablement grossi et les raies brillantes se voient plus facilement.

Microscope. — L'emploi du microscope, dans les expériences qui font l'objet de ce Mémoire, est le meilleur moyen pour reconnaître la présence de l'atmosphère lumineuse de l'étincelle d'induction. Avec cet appareil, en effet, les moindres traces de ce flux électrique peuvent s'apercevoir, et le microscope devient ainsi, pour ce

genre de phénomènes, une espèce d'*atmosphéroscope*, si je puis m'exprimer ainsi, ou un appareil analyseur dont l'usage est extrêmement facile.

Le microscope que j'emploie est un simple microscope auquel j'ai adapté deux communicateurs électriques à ressort, destinés à transmettre le courant à un système d'excitateur particulier que je vais décrire.

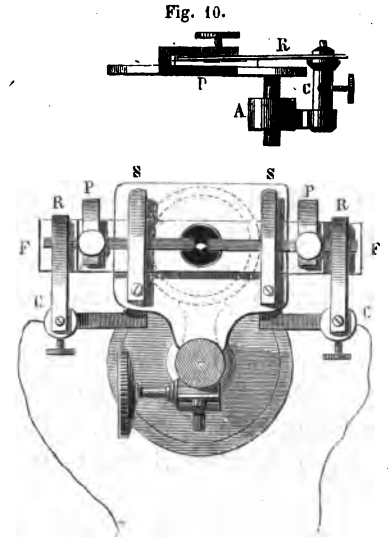


Fig. 10.

Fig. 11.

Ce système consiste en deux fiches de verre FF (fig. 11), entre lesquelles se trouvent pincées, à l'aide de deux presses de cuivre PP, deux lames métalliques très-minces et taillées en pointe émoussée aux extrémités opposées l'une à l'autre. Ces fiches de verre ont environ 8 c. de longueur sur 2 de largeur, et les lames métalliques les dépassent de 1 cent., laissant entre elles, au milieu des lames de verre, un intervalle vide de 2 millim. en-

viron. Je me suis fait construire douze couples de ces fiches avec les métaux suivants : or, argent, platine, aluminium, cuivre, fer, plomb, cadmium, zinc, bismuth, étain, laiton. Les presses qui serrent ces fiches sont assez minces et placées assez loin l'une de l'autre pour que celles-ci puissent être fixées facilement sur le porte-objet du microscope, et c'est sur les parties des lames métalliques qui dépassent ces fiches qu'on appuie les lames des communicateurs électriques. Ceux-ci consistent simplement dans des bagues d'ivoire AA (fig. 10 et 11) fixées sur le tube des serre-fiches SS et munies d'un bras isolant terminé par une petite colonne de cuivre CC. Cette colonne sert de bouton d'attache aux rhéophores de l'appareil d'induction, et les ressorts RR, destinés à établir la communication avec les lames métalliques des fiches, sont articulés à l'extrémité supérieure de cette colonne, de manière à pouvoir tourner autour de son axe comme centre.

Pour bien voir l'étincelle, il suffit d'un grossissement de 80 diamètres : c'est celui que produit une seule des lentilles du microscope; avec un grossissement plus fort, on ne voit plus dans le même champ l'étincelle dans son ensemble.

Tube pour l'étude de l'étincelle à travers les gaz à différentes pressions. — Ce tube, que nous représentons ci-contre (fig. 12), est un peu aplati afin de pouvoir être introduit entre les deux pôles de l'électro-aimant, et se trouve recourbé pour qu'on puisse analyser facilement la lumière de l'étincelle projetée par l'aimant. Deux fils de platine sont soudés dans le verre aux extrémités de ce tube et se prolongent à l'intérieur de celui-ci, de manière à être éloignés d'environ 2 millimètres l'un de l'autre. Sur la paroi supérieure de ce tube se trouvent pratiqués deux trous munis de garnitures en cuivre et de robinets

pour qu'on puisse le mettre en rapport, par deux tuyaux, d'un côté avec la machine pneumatique ou avec la machine de compression, de l'autre avec un gazomètre ou simplement avec des vessies remplies de gaz différents. On commence par faire le vide dans ce tube, et

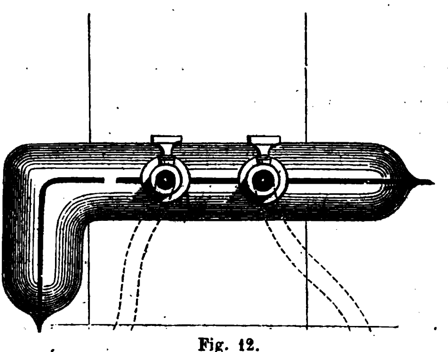


Fig. 12.

lorsqu'il est suffisamment fait, on introduit le gaz, puis on ferme les deux robinets et on fait passer l'étincelle qu'on analyse à différents points de vue, à l'aide de la lunette spectre, de la lunette panfocale ou du microscope. En mettant ensuite la machine de compression en rapport avec le gazomètre, on peut comprimer le gaz à l'intérieur du tube jusqu'à un certain nombre d'atmosphères et étudier de nouveau l'étincelle à ce point de vue.

III.

ORIGINE DE L'ATMOSPHÈRE LUMINEUSE DE L'ÉTINCELLE D'INDUCTION. — CAUSES QUI PEUVENT PROVOQUER SON APPARITION ET SA DISPARITION.

Dans le Mémoire que j'ai présenté à l'Académie des sciences, il y a cinq ans, j'avais attribué l'atmosphère

lumineuse de l'étincelle d'induction à une dérivation du courant opérée à travers une couche d'air échauffée par son contact avec la décharge et formant *conducteur secondaire*. J'ajoutais même que cette atmosphère était tellement reliée aux effets calorifiques des courants induits que quand, par une cause quelconque, on pouvait empêcher ou du moins détourner cette action calorifique, cette atmosphère n'existait plus. L'expérience m'avait en effet démontré que, quand on échange l'étincelle d'induction entre deux rhéophores liquides susceptibles d'absorber la chaleur dégagée par l'étincelle, celle-ci n'était plus entourée d'atmosphère lumineuse. On peut même faire cette expérience d'une manière extrêmement simple en déposant sur un morceau de verre bien sec et bien poli deux gouttes d'eau éloignées de 3 ou 4 millimètres l'une de l'autre. En plongeant les deux rhéophores de l'appareil d'induction dans ces deux gouttes d'eau, l'étincelle s'échange directement d'une surface liquide à l'autre sous forme d'un jet de feu sans accompagnement d'aucune enveloppe lumineuse. Mais cette expérience n'est pas la seule qui puisse prouver l'influence de l'action calorifique de l'étincelle sur la formation de l'atmosphère lumineuse qui l'accompagne, et nous allons voir que cette influence se manifeste surtout aux pôles du circuit.

Si on échange l'étincelle d'induction entre deux rhéophores métalliques dont l'un est terminé par un morceau de charbon de braise, l'atmosphère de cette étincelle prend un développement considérable, au préjudice du jet de la décharge directe, et se colore fortement en rouge; *mais l'effet est beaucoup plus marqué quand le rhéophore du charbon est pôle négatif*, parce que alors toute l'action calorifique du courant se trouve concentrée sur le charbon qui rougit et détermine un effet si puissant que la lumière émise par ce charbon acquiert un éclat rayonnant

qui la ferait prendre pour un point de lumière électrique provenant d'une forte pile. On peut s'assurer du reste d'une manière parfaitement nette de cette influence en interposant dans le circuit correspondant à cette étincelle un galvanomètre peu sensible. On trouve que les déviations de l'aiguille sont plus considérables avec un charbon positif et un rhéophore négatif métallique qu'avec deux rhéophores métalliques, et *qu'elles sont beaucoup plus considérables encore quand le rhéophore de charbon est négatif,* c'est-à-dire quand l'action calorifique de l'étincelle est à son maximum.

Un effet du même genre se manifeste avec des rhéophores métalliques composés de métaux différents plus ou moins fusibles ou volatils. Ceux-ci, en effet, d'après les recherches de M. Poggendorff, développent, avec l'étincelle qu'ils provoquent, une plus ou moins grande quantité de chaleur, suivant la facilité plus ou moins grande avec laquelle ils abandonnent, sous l'influence calorifique du courant, les particules qui les composent. Or, si le pôle négatif, qui est le pôle de la chaleur, correspond au métal le plus volatil, le transport des particules métalliques est plus considérable, et en même temps la chaleur qui est communiquée à celles-ci est plus intense. La transmission du courant doit donc forcément s'en ressentir, et son intensité doit varier non-seulement suivant la nature métallique des rhéophores, mais encore suivant sa direction par rapport à celui de ces rhéophores qui, par sa nature, sera le plus volatil. Cet effet est si prononcé que, d'après les expériences de M. Poggendorff, un électrode négatif de platine et un électrode positif de bismuth, ayant donné en une minute une élévation de température de 18°,50, ont pu fournir par leur renversement polaire une élévation de température de 30° dans le même laps de temps. Or, voici,

toujours d'après M. Poggendorff, l'ordre dans lequel les métaux devraient être rangés par rapport à leurs propriétés calorifiques dans les expériences dont nous parlons : *Platine, cuivre, fer, argent, plomb, étain, antimoine, zinc, bismuth,* le platine étant considéré comme donnant l'étincelle douée du moindre pouvoir calorifique et le bismuth comme donnant l'étincelle ayant le plus de pouvoir calorifique[1]. M. Poggendorff n'a pas d'ailleurs remarqué que cette plus grande conductibilité offerte à la propagation de la décharge ait facilité son allongement.

On peut du reste reconnaître l'influence de l'effet combiné de la diminution de résistance du circuit et de l'augmentation de la conductibilité de ce circuit par la chaleur de l'étincelle, en notant les variations d'intensité du courant induit avec différentes longueurs d'étincelles. Voici les chiffres que j'ai trouvés :

1. Le thermomètre dont M. Poggendorff a fait usage dans ses expériences avait un réservoir cylindrique de 11^{mm} de longueur, de 3^{mm},5 de diamètre. Il était placé entre les rhéophores où se dégageaient les étincelles, dont il était éloigné de chaque côté de 0^{mm},5. — Voici les chiffres qu'il a obtenus :

Quand les pointes consistaient en :

	L'élévation de la température en une minute a été :
Platine	18°,50
Plomb	30°,50
Étain	33°,00
Antimoine	34°,25
Zinc	35°,00
Bismuth	37°,00

Le thermomètre touchant les deux rhéophores, les effets ont été :

Platine	23°
Cuivre, Fer	25 à 26°
Argent	27°
Étain	51°

Pour une étincelle		de 1mm....	53°,33	de déviation.
—	—	de 2mm....	46°,70	—
—	—	de 3mm....	45°,00	—
—	—	de 4mm....	40°,00	—
—	—	de 5mm....	30°,00	—
—	—	de 6mm....	20°,00	—

On voit que la force du courant n'est pas en raison inverse des résistances, ce qui devrait être sans l'intervention de l'action calorifique.

Si, au lieu de faire varier l'action calorifique de l'étincelle par la disposition des rhéophores entre lesquels elle s'échange, on aide cette action par l'intervention d'une source calorifique étrangère au courant, les effets que nous venons d'étudier sont encore bien autrement marqués. Ainsi, si l'on interpose la flamme d'une bougie ou d'une lampe à alcool au milieu d'une décharge, non-seulement elle peut s'échanger de beaucoup plus loin, mais encore l'atmosphère qui entoure les traits de feu acquiert un si grand développement et un si grand éclat au préjudice des traits de feu de la décharge directe, que c'est tout au plus si on peut distinguer ceux-ci qui paraissent alors bleuâtres. En même temps le galvanomètre indique une forte augmentation dans l'intensité du courant. Du reste, le pouvoir conducteur des gaz chauffés est tel qu'une décharge échangée dans le voisinage de la flamme d'une bougie se recourbe pour passer par cette flamme, comme on le voit dans figure 14, page 22, et pourtant son trajet est plus long.

Voulant faire la contre-partie des expériences précédentes en substituant l'action réfrigérante à l'action d'échauffement, j'ai fait passer l'étincelle dans le voisinage d'un morceau de glace disposé de manière à laisser égoutter l'eau résultant de la fusion de la glace; mais je

n'ai pas obtenu l'effet que j'attendais. L'atmosphère de l'étincelle, au lieu de disparaître par l'effet du refroidissement, avait pris une extension considérable et semblait pour ainsi dire insufflée du côté opposé à la glace; en

Fig. 13.

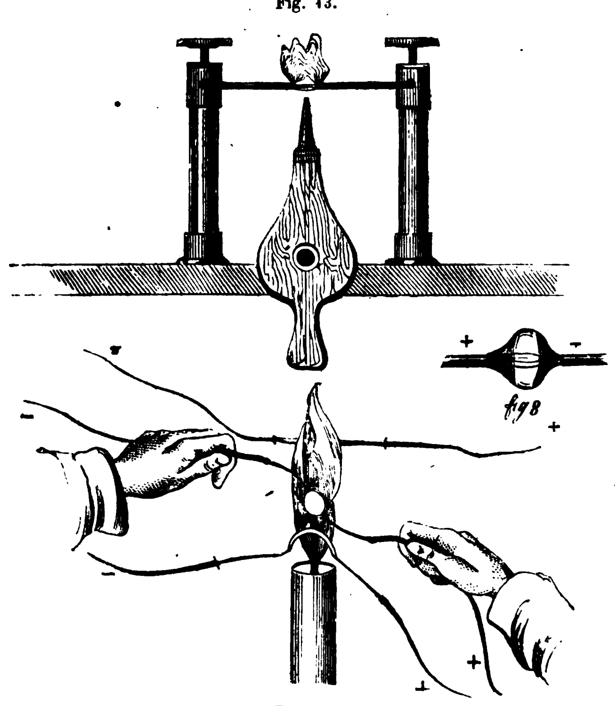


Fig. 14.

même temps le jet de feu se trouvait dévié de sa direction et se recourbait pour passer par la légère couche d'eau formée au-dessus de la masse gelée. En examinant de plus près le phénomène, je n'ai pas tardé à m'en rendre compte, et à reconnaître qu'il n'infirmait en rien la théorie que je m'étais faite de la formation de l'atmo-

sphère de l'étincelle à l'air libre. Ce résultat tient en effet à ce que la glace n'est pas conductrice par elle-même, et à ce que celle-ci, en se vaporisant *partiellement* sur un point fixe, favorise la conductibilité de l'air entourant l'étincelle. Il se forme alors un conducteur secondaire plus parfait que l'air simplement chauffé, et qui dérive la décharge en plus grande quantité. Un pareil effet se manifeste en provoquant l'étincelle sur un morceau de verre recouvert d'une légère couche d'eau. On pourrait objecter à cette explication que la vapeur d'eau sortant d'une bouilloire, au lieu de développer l'atmosphère en question, tend à la rétrécir; mais il est facile de reconnaître que cela vient de ce que celle-ci rend l'air conducteur sur une trop grande étendue, et la preuve c'est que le trait de feu brillant tend à se convertir en atmosphère, comme le témoigne l'aspect rouge qu'il prend dans cette circonstance. D'ailleurs, les commotions qu'on reçoit en touchant les différentes parties de la bouilloire prouvent parfaitement que le courant se trouve alors transmis en grande partie à l'état de décharge obscure. Pour m'affranchir des effets de l'évaporation de la glace et voir définitivement si le froid ne pourrait pas contre-balancer l'effet calorifique de l'étincelle en détruisant son atmosphère, j'ai cherché à provoquer ma décharge dans un petit tube entouré de glace; mais je n'ai pu rien constater de bien particulier; car un dépôt humide se produisait toujours sur les parois internes du tube, malgré l'action du chlorure de calcium et de l'acide sulfurique anhydre. Quoi qu'il en soit de ces expériences, l'action réfrigérante ne doit positivement pas être sans effet sur l'étincelle à l'air libre, puisque, d'après les expériences de M. Gassiot, elle est manifeste sur la lumière d'induction produite au sein du vide. Il faudrait seulement, pour la reconnaître,

opérer avec des réfrigérants plus énergiques que ceux que j'ai employés et avec des tubes parfaitement desséchés et scellés sur de l'air sec.

Du reste, il ne faut pas attribuer à l'action calorifique seule la formation de l'atmosphère de l'étincelle d'induction. Nous venons de voir que l'introduction, dans le milieu traversé par la décharge, d'un corps doué de conductibilité secondaire, comme la vapeur d'eau, les poussières charbonnées, etc., exerçait une grande influence; mais il est une autre cause dont nous ne nous sommes pas encore occupé et qui joue un bien plus grand rôle, car on peut la considérer comme *cause initiale* : ce sont les *réactions mécaniques de l'électricité* aux extrémités disjointes du circuit. Ce n'est pas en effet l'action calorifique polaire exercée sur le milieu interposé dans la solution de continuité où se produit l'étincelle d'induction qui précède l'apparition de celle-ci et en prépare la venue; on peut s'en convaincre en interposant un thermomètre entre les deux rhéophores du circuit avant que l'étincelle éclate. Cet instrument n'indique aucune élévation de température. Mais si l'on considère que l'action mécanique des fluides qui s'écoulent en aigrettes des deux côtés de la solution de continuité avant la décharge est suffisante pour repousser de tous côtés, comme de véritables soufflets, les particules matérielles un peu légères que ces aigrettes rencontrent sur leur passage [1], on comprendra facilement que cette action, en se produisant dès le début sur les particules gazeuses du milieu interposé,

1. On peut avoir une idée de ces répulsions en excitant l'étincelle d'induction à travers de la poussière de charbon, les rhéophores agissent alors comme de véritables soufflets. Or, comme les gaz sont composés de molécules légères excessivement mobiles, ils doivent évidemment subir les effets de ces répulsions.

doit avoir pour résultat *une raréfaction de ce milieu aériforme, et un mouvement moléculaire rayonnant s'effectuant principalement dans le sens de la décharge.* Or, ces deux effets doivent contribuer puissamment à la transmission de l'effluve électrique, car, d'un côté, la résistance opposée à celle-ci se trouve diminuée ; d'un autre côté, la conductibilité du milieu gazeux se trouve augmentée par le transport mécanique des particules électrisées qui le composent. Nous verrons dans la suite que ce transport, en venant en aide au mouvement des fluides électriques eux-mêmes, constitue une sorte de conductibilité dite *mécanique* qui doit nécessairement jouer un grand rôle dans les phénomènes produits par l'étincelle d'induction. On peut se rendre compte facilement de l'action mécanique du courant sur les particules d'un milieu gazeux interposé dans la décharge soit au moyen du thermomètre de Kinersley, soit en faisant passer celle-ci à travers la flamme d'une bougie. Si le courant est un peu énergique, on voit le liquide du thermomètre s'élever spontanément au-dessus de sa ligne de niveau, au moment de la production de la décharge, pour reprendre également spontanément ce niveau après que cette décharge s'est effectuée. De même, sous l'influence de cette décharge, on voit la flamme de la bougie se projeter à gauche et à droite de la solution de continuité sous la forme de deux dards lumineux qui se manifestent perpendiculairement à la ligne de décharge. Mais la plus jolie manière de démontrer cet effet, c'est de prendre un tube de calibre presque capillaire terminé par une boule dans laquelle sont soudés deux fils de platine, et de plonger ce tube dans un liquide coloré. Au moment où l'étincelle se produit, on voit immédiatement l'air dilaté sortir du tube sous forme de bulles plus ou moins nombreuses, et aussitôt que la décharge cesse, le liquide coloré monte dans le tube et remplit une partie de la boule. Si on fait

de nouveau passer la décharge, ce liquide est chassé et la boule se vide jusqu'à ce qu'elle se remplisse de nouveau, après une nouvelle interruption de la décharge. La figure 15 ci-dessous montre comment l'expérience doit être disposée.

Ce sont évidemment ces sortes de réactions qui donnent naissance aux stratifications de la lumière électrique en

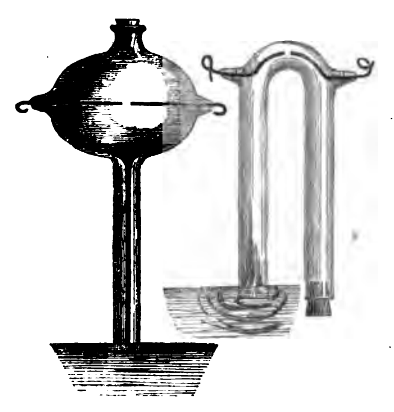


Fig. 15. Fig. 16.

disposant le milieu gazeux en couches alternativement condensées et dilatées, dirigées perpendiculairement au courant et douées d'une conductibilité différente. Il est également probable que c'est à ces mêmes réactions qu'il faut attribuer le bruit de l'étincelle et l'attraction qu'elle provoque de la part d'un liquide avec lequel elle s'échange [1]. On comprend, en effet, que l'air avoisinant cette décharge se trouvant surtout raréfié sous l'influence des répulsions électriques polaires, le liquide, aussi bien que la masse d'air extérieure, doit faire irruption dans le

1. Dans les trombes de mer, l'eau ainsi attirée est soulevée à une hauteur relativement considérable.

milieu ainsi dilaté, aussitôt que la cause provoquant cette dilatation a cessé d'agir, c'est-à-dire au moment de la neutralisation des fluides accumulés aux rhéophores. On peut, du reste, se convaincre de la vérité de cette explication par l'expérience suivante :

Si on prend un tube recourbé en U, d'environ un centimètre de diamètre, et qu'on fasse éclater l'étincelle dans la partie recourbée du tube, comme dans la figure 16, il se produira un bruit très-intense ; *mais si on bouche hermétiquement les deux bouts de ce tube, le bruit de la décharge cesse complètement,* bien que celle-ci ne paraisse en rien modifiée quant à ses caractères physiques. Si on bouche légèrement l'un des bouts du tube avec le doigt, l'autre bout étant fermé à demeure, on perçoit parfaitement la sensation de la sortie et de la rentrée de l'air, et alors le bruit, au lieu de venir de l'étincelle, semble être produit au bout du tube. Enfin, quand on approche les bouts du tube de la surface d'un liquide, de manière à ce qu'ils affleurent cette surface, on voit ce liquide violemment agité et projeté très-haut à l'intérieur du tube. En même temps les parois de celui-ci se couvrent d'un dépôt humide venant de la vaporisation du liquide sous l'influence des vides successifs qui ont été opérés. Dans ce phénomène, il est cependant un point délicat qu'il serait curieux de complétement éclaircir, c'est celui-ci : Pourquoi, quand le tube est fermé, l'air qui a été refoulé au moment de chaque décharge et qui semble être à une pression supérieure à celle de l'air extérieur, ne produit-il pas, par sa rentrée dans le milieu dilaté, le même effet que l'air extérieur ? Je crois que c'est à la force d'inertie qu'il faut attribuer cet effet ; car les molécules gazeuses qui ont été repoussées ne pouvant être animées dans le même instant de deux mouvements différents, l'un de sortie et l'autre de rentrée, ne reviennent pas assez vite sur leurs pas pour com-

bler spontanément le vide qui s'est fait et, par conséquent, pour produire du bruit. S'il n'existe pas dans le voisinage de ces molécules gazeuses d'autres molécules inertes qui peuvent fournir ce mouvement de rentrée, comme cela arrive quand le tube est bouché, aucun bruit ne se fait entendre; mais si, au contraire, ces molécules inertes existent, leur irruption soudaine au sein du milieu dilaté peut s'effectuer immédiatement après la décharge et provoquer du bruit. Ce qui confirmerait cette manière de voir, c'est que, si on fait l'expérience dans un ballon d'une assez grande capacité muni d'une large ouverture, le bruit de la décharge s'entend distinctement, quoique cette ouverture soit hermétiquement fermée; il n'est qu'un peu affaibli. D'ailleurs, lorsque l'étincelle perce une lame de verre un peu épaisse, et avec les étincelles de l'appareil de M. Jean, qui ont 30 centimètres de longueur, on peut en percer de 3 centimètres d'épaisseur, aucun bruit sensible ne se fait entendre. Mais, en revanche, le passage de la décharge fait subir au verre, dans les environs du trou perforé, une espèce de trempe moléculaire qui le rend susceptible de polariser la lumière à la manière des verres trempés ou comprimés. Il est probable que le bruit très-fort et très-sec de l'étincelle au milieu des liquides tient à une cause semblable à celle que je viens d'assigner, car les gaz qui résultent de la décomposition de ces liquides par le courant constituent, sur le trajet de la décharge, un milieu gazeux à travers lequel l'étincelle éclate en produisant d'autant plus facilement les effets que nous avons analysés précédemment, que la pression du liquide s'ajoute à la pression atmosphérique.

Quoi qu'il en soit de cette question secondaire, voici une expérience qui ne peut guère laisser de doute sur le rôle important que jouent les répulsions polaires du courant induit sur le développement de l'atmosphère de

l'étincelle d'induction. Si on prend un petit tube de 4 centimètres environ de longueur sur 1 centimètre de diamètre et qu'on soude au milieu de ce tube, dont les bouts auront été fermés à la lampe, un autre tube de 25 à 30 centimètres de longueur, de manière à ce que ces deux tubes soient en communication l'un avec l'autre; enfin, si on dispose les fils excitateurs de la décharge dans le petit tube de manière à ce que l'étincelle éclate vis-à-vis l'orifice du long tube, qui sera également fermé à la lampe par son extrémité libre, il arrivera que l'atmosphère de l'étincelle sera projetée sous forme d'un dard vers l'orifice du long tube. Dans ce cas, aucune réaction extérieure n'est en jeu, il n'y a ni courant d'air ni insufflation magnétique, et pourtant l'atmosphère se comporte comme si une action de ce genre existait. Or, un pareil effet ne peut provenir dans de telles conditions que des répulsions électriques polaires qui, en chassant les molécules gazeuses dans le long tube, déterminent un courant d'air qui entraîne l'atmosphère en question. C'est sans doute à un effet analogue que cette atmosphère doit le renflement considérable qu'elle acquiert dans sa partie médiane quand l'étincelle est un peu longue.

Au moyen du tube représenté fig. 12, page 17, j'ai pu constater l'influence de la pression sur l'atmosphère de l'étincelle d'induction, et j'ai reconnu que cette atmosphère était d'autant moins développée que la pression était plus forte et que l'air comprimé était plus sec.

D'après ces différentes expériences, on peut conclure, ce me semble, 1° que c'est à *la dilatation de l'air dans l'intervalle traversé par l'étincelle et à l'introduction dans cet air de certains corps doués d'une conductibilité secondaire, tels que la vapeur d'eau, les poussières métalliques ou carbonées*; en un mot, à la bonne conductibilité du milieu interposé à travers la décharge qu'il faut rapporter en grande partie

la formation et surtout le développement de l'atmosphère lumineuse de l'étincelle d'induction; 2° *que plus cette conductibilité du milieu interposé dans la décharge est considérable, plus les traits de feu de la décharge directe tendent à se confondre avec l'atmosphère qui les entoure.*

Il résulte de là que, si on fait varier les conditions de conductibilité du milieu traversé par l'étincelle ou la puissance des agents physiques destinés à produire cette conductibilité, on doit faire prédominer l'un ou l'autre des deux flux de l'étincelle d'induction; par conséquent, si l'on diminue ou si l'on augmente convenablement l'intensité du courant induit, si l'on allonge ou si l'on raccourcit suffisamment l'étincelle, on devra finir par faire disparaître l'un ou l'autre des deux flux qui la composent. C'est en effet ce que l'expérience démontre; mais pour que le flux qui reste seul conserve alors ses caractères, il faut que l'intensité électrique ne soit pas trop grande, comme nous le verrons par la suite. Voici, du reste, une expérience qui, en démontrant d'une manière péremptoire cette conclusion, met au jour de nouveaux faits du plus grand intérêt.

Je mets à contribution pour cette expérience deux machines de Ruhmkorff. L'une B (fig. 17) est employée comme générateur du courant induit, l'autre A comme bobine de résistance dans de bonnes conditions d'isolement. Je joins les extrémités du fil fin de cette dernière à celles du fil fin de la première bobine, ce qui me donne un circuit métallique continu de grande résistance, et j'établis, à partir des pôles de l'appareil générateur, un circuit dérivé dans lequel se trouvent successivement interposés l'excitateur micrométrique G décrit page 6 et l'excitateur à fiches du microscope C décrit page 15. J'ai indiqué par deux circuits dérivés cette double disposition, mais il doit être entendu que l'une succède à l'autre sur

une même dérivation, ou, si l'on veut, qu'il n'y a d'actif dans une même expérience qu'un seul des deux appareils interposés sur ces deux circuits dérivés. Enfin, un galvanomètre peu sensible se trouve interposé tour à tour en F et en E dans le circuit métallique et le circuit dérivé, pour qu'on puisse apprécier les variations d'intensité du courant qui peuvent avoir lieu dans ces circuits.

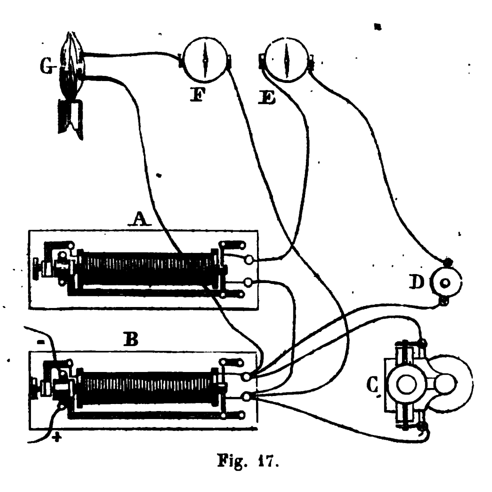


Fig. 17.

Avec cette disposition, le courant induit se trouve divisé entre le circuit métallique complété par la machine A et l'une ou l'autre des dérivations correspondant aux instruments C et G. Il se trouve par conséquent affaibli et ne peut produire l'effet calorifique et répulsif nécessaire pour rendre l'air interposé dans la solution de continuité suffisamment conducteur. Toute l'électricité qui a le moins de tension, et qui, dans un circuit simple, passe à travers l'atmosphère lumineuse que nous connaissons, traverse le circuit métallique qui lui oppose une moindre résistance, et il en résulte que l'étincelle qui apparaît

dans le microscope ou sur l'excitateur micrométrique *est dépouillée d'atmosphère lumineuse*. Mais sitôt qu'on interrompt le circuit métallique continu, au moyen de l'interrupteur D, *cette atmosphère apparaît immédiatement*. Ces alternatives d'apparition et de disparition de cette atmosphère sont très-curieuses à suivre dans le microscope.

Maintenant si, après avoir rétabli la continuité du circuit métallique résistant, on interpose au milieu de la décharge provoquée sur l'excitateur micrométrique (laquelle est dépouillée d'atmosphère) la flamme d'une bougie, comme on le voit sur la figure 17, l'air étant devenu conducteur dans le voisinage de l'étincelle, une grande partie de l'électricité qui passait à travers le circuit métallique continu se dérive à travers la nouvelle voie qui lui est ouverte, et reconstitue autour de l'étincelle l'atmosphère qui lui manquait, et qui, par parenthèse, est d'une couleur blanc bleuâtre par suite de son passage à travers le gaz enflammé. Nous en verrons plus tard la raison[1].

Les indications fournies par le galvanomètre dans cette expérience vont nous révéler, ainsi que nous l'avons dit, d'autres phénomènes d'un genre tout particulier.

On sait que des deux courants induits produits par la machine de Ruhmkorff, le courant direct ou le courant d'ouverture est le seul qui puisse traverser une solution de continuité et produire étincelle. C'est ce qui fait que l'on considère ces courants comme ayant une direction constante et comme issus d'un générateur ayant deux pôles parfaitement caractérisés. Que devient le courant inverse?... C'est une question qui n'a pas encore été parfaitement étudiée; mais il est probable que, ne pouvant

1. En disposant convenablement la bougie, on peut faire en sorte que cette atmosphère soit rouge dans une partie exposée à l'air et blanc bleuâtre dans une autre partie.

pas se développer dans le circuit extérieur, ce courant donne lieu à l'intérieur de la bobine induite à une *décharge en retour* qui ne peut d'ailleurs être nuisible, puisque cette décharge en retour se trouve être alors de même sens que le courant direct qui lui succède. Quoi qu'il en soit, le courant inverse manifeste fort bien sa présence dès lors que le circuit induit est dans les conditions de conductibilité convenables, et c'est ce qui motive certains effets électro-chimiques particuliers à ces courants que M. Grove a étudiés et qui paraissent être des anomalies. On peut s'en convaincre d'ailleurs en interposant un galvanomètre dans un circuit métallique fermé traversé par ces courants. *Aucune déviation ne se fait remarquer sur cet instrument après que l'appareil d'induction a été mis en train et tout le temps qu'il marche régulièrement*, et cela parce que les courants directs et inverses, qui sont égaux en quantité, se succédant à des intervalles très-rapprochés, l'effet produit par l'un est détruit par l'autre. Ainsi, bien que ne manifestant pas sa présence dans les circuits discontinus, le courant inverse n'est pas pour cela détruit, et pour le faire apparaître, il suffit, en lui donnant une issue qu'il puisse franchir, de séparer de lui le courant direct. C'est à quoi l'on parvient en employant la disposition de l'expérience précédente. Alors on reconnaît *que le courant qui manifeste extérieurement sa présence ou plutôt sa prépondérance dans le circuit métallique est le courant inverse, tandis que celui qui se manifeste dans le circuit dérivé est le courant direct; et cette manifestation est d'autant plus marquée dans les deux circuits que la solution de continuité du circuit dérivé est moins résistante.*

On comprend facilement ces effets, si l'on examine que le courant induit produit par la première machine tend à se diviser entre les deux circuits; mais comme il se compose de deux courants ayant une tension

bien différente, dont l'un (le courant inverse) ne peut franchir une solution de continuité, *celui-ci reste complètement confiné dans le circuit métallique, et c'est seulement le courant direct qui se répartit entre les deux circuits d'une manière en rapport avec les caractères propres des deux flux qui le composent.* Celui de ces flux qui joue le rôle de courant de haute tension, pouvant franchir facilement une solution de continuité, suit le circuit dérivé dans lequel est interposé l'excitateur, tandis que l'autre flux, représentant ~~le courant~~ de quantité, passe de préférence, ainsi que le courant inverse, à travers le circuit métallique. Il en résulte que l'étincelle produite à l'excitateur est dépouillée d'atmosphère, ainsi que nous l'avons déjà dit; et comme le flux de quantité est celui des deux flux du courant direct qui réagit le plus énergiquement sur le galvanomètre, son intervention dans le circuit métallique doit masquer nécessairement l'action du courant inverse. Alors les déviations du galvanomètre interposé dans ce circuit métallique ne représentent plus qu'un courant différentiel qui pourrait être nul si le flux de quantité du courant direct ne passait pas du tout à travers la solution de continuité du circuit dérivé. Mais un pareil résultat étant impossible à obtenir, il y a toujours une déviation galvanométrique qui accuse la prépondérance du courant inverse dans le circuit métallique, *et qui est d'autant plus grande que la déviation du flux de quantité par la solution de continuité du courant dérivé peut s'effectuer plus facilement;* car alors le courant inverse se trouve mieux démasqué. Ainsi, dans les expériences que j'ai faites, quand cette solution de continuité était d'environ 3/4 de millimètre, la déviation du galvanomètre interposé dans le circuit métallique était de 8 degrés, et cette déviation représentait par conséquent l'excès d'intensité du courant inverse sur la partie du courant direct traversant le circuit métal-

lique. Dans ces conditions, l'intensité du courant direct traversant le circuit dérivé était représentée par la même déviation (8°). Quand la solution de continuité n'était que de 1/4 de millimètre, l'intensité du courant inverse dans le circuit métallique était de 20°, et l'intensité du courant direct dans le second circuit était de 35°.

On comprend facilement, d'après le raisonnement précédent, que si par un moyen quelconque on facilite encore la conductibilité du milieu interposé dans la solution de continuité du circuit dérivé, on devra faire prédominer davantage le courant inverse dans le circuit métallique et le courant direct dans le circuit dérivé, et cette augmentation de prépondérance devra être relativement d'autant plus forte que la solution de continuité du circuit dérivé aura été dans l'origine plus résistante. C'est, en effet, ce que l'expérience démontre. Ainsi, en chauffant l'étincelle produite sur l'excitateur micrométrique, soit avec la flamme d'une bougie, soit avec une lampe à alcool, les déviations du galvanomètre que nous avons citées précédemment sont portées dans un cas de 8° à 25° pour le courant inverse, et de 8° à 35° pour le courant direct; dans l'autre cas, de 20° à 25° pour le courant inverse, et de 35° à 40° pour le courant direct. Du reste, un résultat analogue pourrait être obtenu en substituant dans l'expérience précédente le vide à l'action calorifique.

Un fait qui démontre la vérité de la théorie que nous venons d'exposer, c'est que si dans les expériences qui précèdent on pratique une très-petite solution de continuité sur le circuit métallique résistant, on voit l'étincelle qui se produit au premier moment dans cette solution de continuité disparaître aussitôt que l'on échauffe l'étincelle de l'excitateur, pour réapparaître de nouveau dès qu'on cesse l'échauffement. Or nous avons vu que

c'est précisément au moment de l'échauffement, par conséquent au moment où le courant direct est au minimum dans le circuit métallique, que les déviations du galvanomètre interposé dans ce circuit sont les plus considérables; il faut donc que ces déviations se rapportent à un courant autre que le courant direct; et ce qui le prouve, c'est qu'aussitôt que l'on a pratiqué la solution de continuité dont nous avons parlé précédemment, les déviations du galvanomètre changent de côté. Du reste, le sens des déviations du galvanomètre, qui est différent pour chacun des deux circuits, ne peut laisser aucun doute dans l'esprit sur ce genre de phénomènes.

La différence d'intensité des deux courants dans leur circuit respectif peut indiquer la différence de conductibilité (pour les courants directs) d'une solution de continuité, et d'un circuit métallique aussi résistant que celui de la bobine à fil fin de l'appareil de Ruhmkorff. En effet, quand le circuit métallique est seul parcouru par le courant induit, les déviations sont à peu près nulles; elles seraient même plutôt du côté du courant direct en raison de sa plus grande tension; par conséquent, le courant direct est à peu près égal sous le rapport des réactions galvanométriques au courant inverse. Quand le courant induit, au contraire, se divise entre les deux circuits, les déviations produites par le courant direct dans le circuit métallique sont réduites à peu près à zéro, si la flamme d'une bougie est interposée dans le circuit dérivé. On peut s'en convaincre en faisant dans le circuit métallique la petite solution de continuité dont nous avons parlé précédemment et en l'établissant de manière à obtenir seulement une trace d'étincelle. Dans ce cas, le courant inverse est arrêté, et l'action produite n'est due qu'au courant *direct* dérivé par ce circuit : or cette action est représentée par zéro. On peut donc en conclure que le

courant inverse, au point de vue des déviations exercées sur le galvanomètre, n'est nullement masqué par le courant direct, quand l'étincelle de l'excitateur micrométrique est chauffée. Par conséquent la déviation galvanométrique de 25° qui indique l'intensité de ce courant inverse représente donc également l'intensité du courant direct qui traverserait le même circuit métallique. Mais puisque l'intensité de ce dernier courant, dans le circuit dérivé, est représentée par 35° dans un cas, 40° dans l'autre, il faut donc que la résistance d'une solution de continuité, pour l'électricité de tension, soit moindre qu'une grande résistance métallique. Du reste, voici une expérience qui démontre parfaitement cette conclusion : Si on fait passer successivement au travers du fil fin de l'appareil de Ruhmkorff la décharge de la machine ordinaire, puis celle du courant d'une deuxième machine d'induction, on reconnaît que dans le premier cas c'est tout au plus si l'étincelle électrique peut manifester sa présence, tandis que dans le second le courant est à peine affaibli; pourtant l'étincelle de la machine électrique, sans l'intermédiaire du circuit, s'échange de beaucoup plus loin que celle de l'appareil de Ruhmkorff.

Parmi les différentes circonstances particulières qui accompagnent les réactions que nous venons d'étudier, il en est une qui doit fixer l'attention : c'est que les déviations galvanométriques n'atteignent pas instantanément leur maximum par l'effet de l'interposition de la flamme au milieu de la décharge de l'excitateur, de même qu'elles ne reviennent pas spontanément à leur minimum par l'enlèvement de cette flamme; il faut donc que l'échauffement des rhéophores entre pour beaucoup dans le développement du phénomène.

L'étincelle produite par le pôle extérieur de l'appareil d'induction avec un conducteur métallique étranger au

circuit n'a pas d'atmosphère, et il doit en être ainsi, car en outre de la faiblesse de cette étincelle, le courant induit qui la provoque ne passe pas par la solution de continuité. Après s'être manifesté aux pôles du circuit, il revient sur ses pas pour produire au sein de la bobine d'induction une décharge en retour. Ce phénomène, d'abord prévu par M. Gaugain, a été démontré de la manière la plus visible au moyen de l'action d'un aimant sur la lumière produite par cette étincelle au sein du vide. Les deux courants d'aller et de retour sont en effet séparés par l'aimant, et on peut même, par la courbure des stratifications qui accompagnent les deux effluves, voir le sens du mouvement de chacun d'eux. Or, il est facile de comprendre que la majeure partie du courant, passant de préférence par le circuit métallique, ne peut produire l'échauffement et les réactions mécaniques suffisants pour créer le conducteur secondaire aériforme nécessaire à la formation d'une atmosphère lumineuse. D'ailleurs, l'étincelle n'est provoquée dans ce cas que par influence, et l'électricité soutirée du conducteur isolé n'a pas elle-même assez de puissance pour produire des effets calorifiques appréciables. L'interposition de la flamme d'une bougie à travers cette étincelle, tout en augmentant beaucoup son intensité, n'a pas même le pouvoir de faire apparaître cette atmosphère; car la conductibilité du circuit métallique, surexcitée par la présence des deux électricités contraires accumulées à ses deux extrémités, est infiniment plus grande que celle du gaz dilaté, qui ne fait que faciliter une décharge secondaire par influence.

IV.

EFFETS, SUR L'ÉTINCELLE D'INDUCTION, DES MOUVEMENTS MÉCANIQUES IMPRIMÉS AUX MASSES GAZEUSES QUE TRAVERSE CETTE ÉTINCELLE.

Comme nous l'avons déjà dit, l'insufflation ou un courant d'air quelconque, en réagissant sur le milieu gazeux traversé par l'étincelle d'induction, a pour effet de déplacer l'atmosphère lumineuse de cette étincelle et de la projeter sous la forme d'une nappe lumineuse le plus souvent de forme irrégulière, dont la couleur varie suivant l'énergie de l'insufflation. Cette action mécanique ne semble pas d'ailleurs affecter sensiblement les jets de feu de la décharge directe, du moins quand l'étincelle n'est pas trop longue.

Si l'insufflation est peu énergique et faite normalement à la décharge, la nappe de feu de l'atmosphère projetée ressemble plutôt à une flamme agitée qu'à un effluve électrique; elle n'est pas homogène dans toute son étendue, et on reconnaît aisément que le courant d'air détermine sur elle quelques sillons irrégulièrement contournés de lumière plus sombre. Quand l'insufflation est plus énergique, de nombreux filets brillants en zigzags généralement parallèles les uns aux autres se montrent au milieu de la nappe de feu qui semble alors circonscrite par deux faisceaux de filets violets qui partent des extrémités des rhéophores et se rejoignent par des courbes irrégulières; l'atmosphère se trouve alors complétement séparée des traits de feu comme on le voit sur les figures 13 et 19. Enfin, avec une insufflation plus énergique, la nappe de feu disparaît et les filets lumineux en zigzags qui sont alors plus rares et plus espacés subsistent seuls au milieu de l'es-

pace occupé par la nappe. M. Perrot prétend même être parvenu à couper entièrement l'effluve électrique, mais je n'ai jamais pu voir cet effet. Quoi qu'il en soit, l'effet mécanique exercé par l'insufflation sur l'atmosphère dont nous parlons est toujours accompagné d'un bruit qui ressemble au clapotement que produit une pareille insufflation sur un liquide.

Fig. 18.

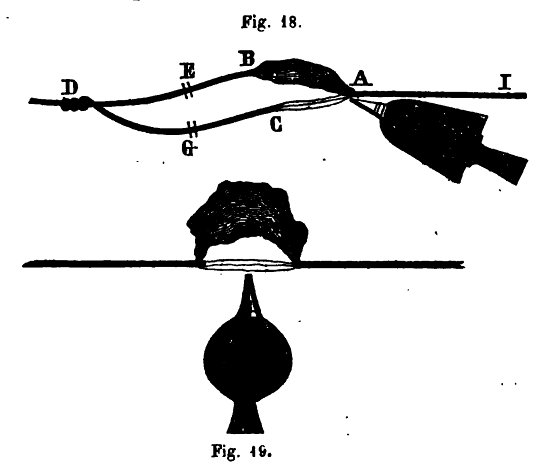


Fig. 19.

Quand l'insufflation est effectuée dans le sens de la décharge comme dans la fig. 18, celle-ci peut s'effectuer de plus loin, et l'atmosphère insufflée va se projeter sur le rhéophore opposé à l'insufflation BD en s'y étalant, ou du moins en semblant s'y étaler, car nous verrons bientôt que ce n'est pas elle qui s'étale ainsi. Alors le flux électrique qui la traverse acquiert une telle fixité que, si par le moyen d'un second conducteur DC on parvient à attirer le jet de feu de la décharge directe qui s'y accroche pour ainsi dire en contractant avec lui une certaine adhérence, on obtient la séparation complète des deux flux de l'étincelle. Il suffit, pour que cet effet ait lieu, que

la distance du conducteur DC au rhéophore AI soit plus courte que la distance du même rhéophore au conducteur DB. Cette expérience due à M. Perrot, qui n'est du reste qu'une amplification de la mienne faite cinq ans avant [1], a cela d'avantageux qu'elle permet de former avec les deux conducteurs DC, DB deux circuits indépendants au moyen desquels on peut étudier les propriétés particulières de chacun des deux flux de l'étincelle, surtout au point de vue électro-chimique.

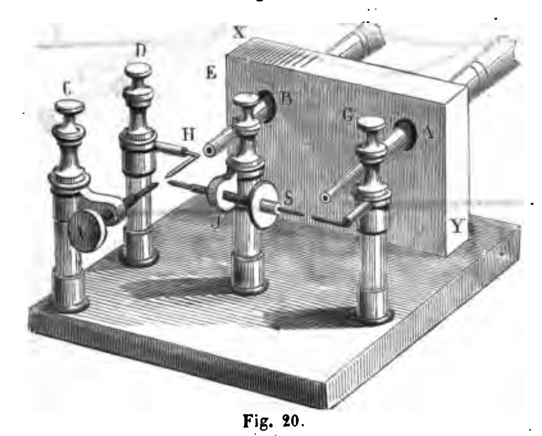


Fig. 20.

A l'aide de l'excitateur à insufflation que nous avons décrit page 8, cette expérience peut être faite d'une manière extrêmement facile. L'excitateur formé par les colonnes C et D (fig. 20) fournit précisement une décharge dans le sens de l'insufflation produite en B, et on peut, à

1. Si on compare cette expérience à la mienne, on peut se convaincre que ces deux expériences ne diffèrent l'une de l'autre qu'en ce que dans l'une la séparation des deux flux s'opère entre les deux rhéophores, tandis que dans l'autre cette séparation se continue au delà de l'un des rhéophores; d'ailleurs les résultats des deux expériences ont été les mêmes. (Voir ma réponse à M. Perrot, dans ma Notice sur l'appareil de Ruhmkorff, 4e édition.)

l'aide de la vis V, allonger à volonté cette décharge. Quand l'insufflation est produite, on réunit la colonne J au même pôle de l'appareil d'induction que la colonne C, et on dispose la pointe de la vis S de manière à être à une distance de la pointe H moindre que celle qui sépare cette même pointe de la vis V; alors, avec un second conducteur attaché à la colonne J, on saisit le jet de feu de la décharge directe, et on le dépose sur la pointe de la vis S où il se maintient tout le temps que dure l'insufflation; les deux flux de l'étincelle se trouvent donc ainsi séparés, et l'étude de leurs propriétés physiques se fait avec les conducteurs qui unissent les colonnes J et C à l'appareil d'induction [1].

Le même appareil permet l'étude de l'insufflation dans le sens normal à la décharge. C'est alors aux colonnes J et G qu'il faut attacher les deux rhéophores de l'appareil d'induction, et la longueur de la décharge peut être reglée au moyen de la vis S qui, comme on le sait, est à deux fins.

Si on interpose un galvanomètre dans le circuit correspondant à la décharge insufflée, on reconnaît que l'insufflation a pour effet un affaiblissement notable du courant induit, affaiblissement qui est d'autant plus considérable que l'insufflation est plus énergique, que la longueur de l'étincelle est moins grande, et que le courant est relative-

1. Il n'est pas du reste nécessaire de faire à la main le transport du jet de feu. En laissant l'expérience livrée à elle-même, l'étincelle s'échange directement du conducteur H au conducteur S, et l'insufflation, en projetant l'atmosphère de cette étincelle, la repousse sur la pointe de la vis V. Nous ferons néanmoins remarquer que la séparation des deux flux n'est généralement complète qu'à leurs extrémités disjointes, car une portion de l'atmosphère insufflée accompagne le jet de feu pendant une grande partie de son trajet. Pour obtenir une séparation plus complète, il est bon de tailler la pointe du conducteur S en biseau et d'en tourner la partie aiguë du côté de la vis S.

ment moins intense. Avec une insufflation modérée faite normalement à la décharge, un courant marquant 40° est tombé subitement à 15°, et un autre courant marquant 60° est tombé à 30°. Avec une insufflation faite dans le sens de la décharge, l'affaiblissement du courant est moins marqué. Ainsi, le courant dont l'intensité était représentée par 40° n'était affaibli que de 10°. L'explication de ces effets est fort simple, car de ce que l'insufflation projette l'atmosphère lumineuse sous la forme d'une nappe de feu mince et étendue, il y a diminution de conductibilité du conducteur gazeux, soit par suite du refroidissement de ce conducteur par le renouvellement continu des masses gazeuses qui le constituent, soit par la diminution de section de ce conducteur lui-même. Avec l'insufflation dans le sens de la décharge, la première de ces causes agit vraisemblablement moins énergiquement qu'avec l'insufflation normale, parce que l'air insufflé qui passe sur l'un des rhéophores est relativement plus chaud; mais ce qui fait en grande partie la différence, c'est que l'affaiblissement de conductibilité du milieu gazeux produit par l'insufflation est dans le dernier cas (c'est-à-dire avec l'insufflation dans le sens de la décharge) un peu compensé par la *conductibilité mécanique* qui se trouve alors très-favorisée, et qui fait que la décharge peut s'effectuer de plus loin [1]. Nous allons voir, en effet, que ce genre de conductibilité joue un grand rôle dans la propagation du courant par la masse gazeuse.

1. Les effets de l'insufflation, relativement à l'affaiblissement de la décharge, sont quelquefois capricieux et demandent à être étudiés avec beaucoup de soin. Comme il arrive souvent que l'insufflation, particulièrement l'insufflation dans le sens de la décharge, favorise celle-ci par suite du renforcement qu'elle donne à la conductibilité mécanique du milieu gazeux, il peut se faire que quand la décharge ordinaire s'opère par saccades, les déviations galvanométriques correspondantes au courant insufflé indiquent un accroissement de force de ce courant; mais ces in-

M. Wartmann avait remarqué le premier que, si deux décharges s'effectuent dans le vide parallèlement l'une à l'autre, et que l'une d'elles livrée à elle-même ne puisse plus se produire, il suffit de faire passer la seconde pour qu'immédiatement la première s'effectue. Or, j'ai constaté que cet effet a lieu également entre deux décharges à l'air libre. J'avais cru dans un moment que cet effet tenait à la chaleur développée par la décharge active ou à un effet de polarité du milieu interposé entre les deux décharges; mais la repétition du même phénomène qui avait lieu, quel que fût le sens du courant, sans action calorifique sensible, puisque avec l'étincelle d'une machine ordinaire j'obtenais le même résultat, me fit penser que c'était au mouvement du milieu gazeux lui-même sous l'influence de la décharge active, qu'il fallait attribuer l'effet en question. On peut envisager en effet cette action de deux manières, soit comme favorisant la *conductibilité mécanique* dont nous avons parlé page 25, et qui s'effectue par le mouvement même des molécules matérielles électrisées, soit comme venant en aide aux répulsions moléculaires produites aux pôles du circuit, et qui doivent avoir pour effet, comme nous l'avons déjà dit p. 24, de dilater les couches d'air voisines. Quoi qu'il en soit, il est évident que la présence au sein de l'étincelle d'induction de deux décharges électriques parallèles dont une a plus de tension que l'autre doit nécessairement exercer une

dications sont évidemment fautives. D'un autre côté, il arrive aussi quelquefois qu'une insufflation *en travers de la décharge favorise celle-ci* bien *qu'elle produise toujours un affaiblissement notable du courant.* Cela vient sans doute de ce que toutes les réactions mécaniques opérées sur le milieu traversé par une décharge ont pour effet de favoriser la transmission du jet de tension, lequel détermine la décharge ainsi que nous le verrons plus tard; or, de ce qu'une action favorise la transmission du jet de tension, il ne s'ensuit pas que l'intensité du courant en soit augmentée, car ce jet lui-même ne réagit pas sur le galvanomètre.

grande influence sur la propagation, à travers le milieu gazeux, de celle de ces décharges qui a le moins de tension. C'est sans doute pour cette raison que les étincelles provenant de l'appareil de M. Jean, qui ont jusqu'à 30 centimètres de longueur, sont accompagnées d'une atmosphère lumineuse excessivement étroite, il est vrai, mais très-appréciable même à l'œil nu. Il est évident pourtant que, dans ce dernier cas, l'effet calorifique serait impuissant à produire à lui seul un conducteur secondaire aériforme d'une aussi grande longueur.

C'est encore grâce à un mode d'action analogue que, si on dispose les extrémités des rhéophores parallèlement entre elles de manière à exciter une belle étincelle en un point de ces extrémités qui présentera moins de résistance, on pourra en faire apparaître une seconde dans le voisinage aussitôt qu'on soufflera dessus. La même insufflation projettera alors deux nappes de feu qui tendront à se marier en raison de l'action réciproque des courants qui les traversent; mais aussitôt qu'on cessera de souffler, la première étincelle apparaîtra seule.

Si l'insufflation diminue l'intensité du courant traversant l'atmosphère lumineuse de l'étincelle d'induction, en revanche elle peut dans certaines circonstances augmenter l'importance du jet de feu de la décharge directe en l'empêchant de se dériver en grande partie par cette atmosphère. Nous avons vu, en effet, qu'avec des rhéophores terminés par des charbons de braise de bois, le trait de feu se trouve tellement réduit par suite de la bonne conductibilité de l'atmosphère qui l'entoure, que c'est tout au plus si on peut le distinguer au milieu de cette atmosphère; mais si on souffle sur l'étincelle, la conductibilité du milieu interposé dans la décharge étant moins grande, le jet de feu de la décharge directe augmente de largeur et d'importance, et l'atmosphère elle-

même perd sa couleur rouge pour reprendre la couleur violacée de l'atmosphère de l'étincelle échangée entre des rhéophores métalliques. Nous verrons bientôt qu'avec une insufflation régulière, cette atmosphère présente des particularités très-curieuses.

Nous avons vu que, pour une étincelle de médiocre longueur entourée d'une atmosphère lumineuse, l'insufflation était sans action sensible sur les traits de feu de la décharge directe ; mais si l'étincelle est très-longue et dépouillée d'atmosphère, comme cela arrive quand on l'échange entre deux rhéophores très-ténus et très-pointus, les traits de feu sont influencés par une insufflation normale à la décharge au point de se recourber en zigzags, et même d'être coupés complétement : ce qui prouve qu'avec une insufflation suffisamment énergique, on pourrait finir par déplacer les traits de feu d'une étincelle de médiocre longueur, et couper complétement l'atmosphère projetée.

L'insufflation peut démontrer d'une manière parfaitement nette l'influence de la vapeur d'eau dans la conductibilité secondaire qu'elle peut donner au flux traversant l'atmosphère de l'étincelle d'induction. Ainsi, si en soufflant très-fort sur cette étincelle, on réduit l'atmosphère lumineuse projetée à quelques filets lumineux repliés en zigzags et assez espacés, il suffira de placer dans le voisinage de ces traits de feu un petit morceau de glace pour qu'immédiatement la coloration rouge de l'atmosphère reparaisse, et que celle-ci soit plus développée.

V.

RÉACTIONS DES AIMANTS SUR L'ÉTINCELLE D'INDUCTION.

L'action de l'aimant sur l'étincelle à l'air libre ne s'exerce que sur l'atmosphère lumineuse qui l'entoure; alors il la projette sous la forme d'une nappe de feu de couleur rouge, comme le ferait une insufflation énergique. Seulement, cette nappe de feu, au lieu de présenter des contours irréguliers, est limitée par une courbe parfaitement régulière sillonnée par un grand nombre de petits filets lumineux également courbes et très-serrés les uns contre les autres. En l'examinant dans son ensemble et au point de vue de l'intensité lumineuse, on reconnaît

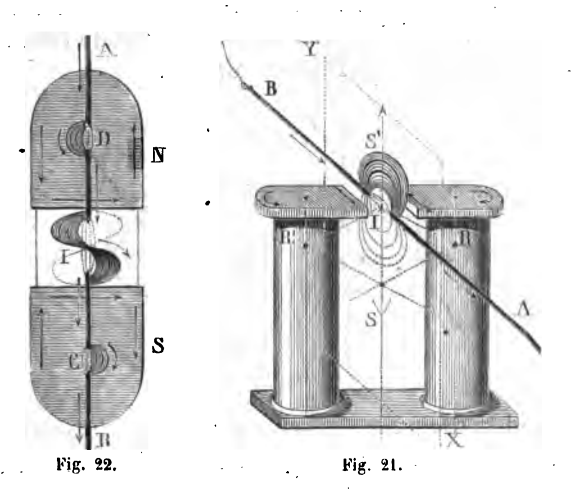
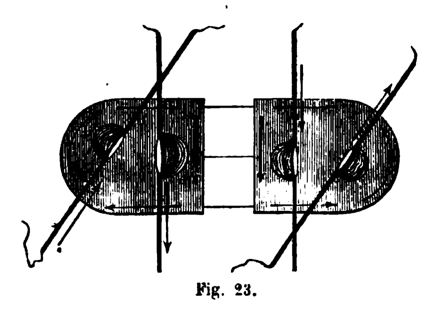


Fig. 22. Fig. 21.

qu'elle n'est pas complétement homogène et qu'elle présente sinon des stratifications, du moins deux ou trois zones alternativement lumineuses et obscures parfaite-

ment concentriques, qui démontrent une fois de plus qu'un mouvement communiqué à une masse gazeuse rendue électriquement lumineuse la rend susceptible de se disposer par couches stratifiées perpendiculairement au sens du mouvement.

Quand la décharge s'effectue suivant la ligne équatoriale d'un électro-aimant à deux branches dont les pôles sont très-rapprochés l'un de l'autre, comme dans la figure 21 [1], la nappe de feu dont nous venons de parler est repoussée au-dessus ou au-dessous des surfaces polaires suivant le sens du courant par rapport aux pôles magnétiques, mais toujours dans le plan équatorial lui-même, c'est-à-dire dans un plan vertical si l'électro-aimant est fixé verticalement les branches en haut. Si la décharge est portée sur l'un ou l'autre des deux pôles, comme dans la figure 23, cette nappe se trouve couchée soit à gauche, soit à droite, suivant le sens du courant et la nature des pôles de l'électro-aimant.


Fig. 23.

Quand la décharge s'effectue suivant la ligne axiale de l'électro-aimant et entre les pôles de celui-ci, comme dans la fig. 22, la nappe de feu projetée est déviée et forme une spire d'hélice très-caractérisée qui circonscrit à gauche et

1. Cet électro-aimant doit être à branches parallèles.

à droite les jets de feu, et dont le sens varie suivant la direction du courant. En repoussant la décharge sur l'un ou l'autre des pôles, en C et en D, la nappe de feu reprend sa disposition plane; mais elle est couchée de l'est à l'ouest pour un pôle, et de l'ouest à l'est pour l'autre pôle, suivant la nature de ces pôles et la direction de la décharge.

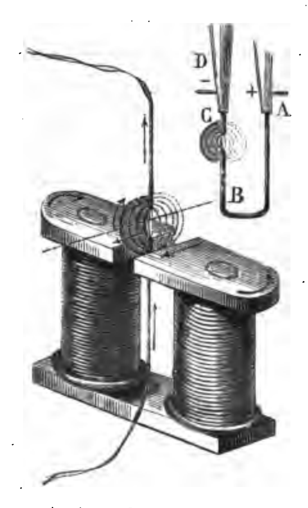


Fig. 24.

Enfin, quand la décharge se produit dans le sens vertical, c'est-à-dire entre les pôles, suivant une ligne parallèle aux branches de l'électro-aimant, comme dans la figure 24, la nappe de feu est encore projetée dans le plan de la ligne équatoriale, mais à l'est ou à l'ouest de la ligne axiale suivant le sens de la décharge ou la nature des pôles de l'électro-aimant.

Pour peu qu'on se rapporte à la théorie d'Ampère sur les réactions dynamiques des courants, on trouve facile-

4

ment l'explication de ces effets. En effet, l'atmosphère lumineuse dont nous avons parlé, quel que soit d'ailleurs le mode de la transmission électrique, constitue un véritable *élément de courant* ayant une direction déterminée, et sur lequel peuvent réagir les courants voltaïques et magnétiques qui traversent l'électro-aimant, puisque cet élément de courant, par sa nature même, est susceptible d'être déplacé. Suivant donc que cet élément de courant sera disposé par rapport aux éléments du courant magnétique les plus voisins, de manière à marcher avec eux parallèlement dans le même sens ou en sens contraire, de manière à les couper en s'en rapprochant ou en s'en éloignant, il devra en résulter des attractions et des répulsions qui, en développant l'effluve lumineux dans un plan unique, le dirigeront en même temps d'une manière parfaitement déterminée. Or, c'est précisément ce qui arrive dans les phénomènes que nous venons d'exposer.

En effet, quand la décharge a lieu entre les pôles de l'électro-aimant dans le sens de la ligne équatoriale, comme dans la figure 21, l'élément de courant dont nous avons parlé marche parallèlement avec les éléments du courant magnétique les plus voisins, soit dans le même sens, soit en sens contraire; il en résulte donc deux attractions ou deux répulsions qui, étant *égales et dirigées suivant deux composantes* R'I, RI *émanant d'un point* R, R' *des deux branches de l'électro-aimant* (les pôles mathématiques) *bien au-dessous des surfaces polaires*, repoussent l'atmosphère lumineuse en dehors de l'électro-aimant, suivant IS', ou l'attirent entre ses branches, suivant IS, mais toujours dans le plan équatorial XY. Quand la décharge s'effectue verticalement entre les pôles de l'électro-aimant, et suivant une ligne parallèle aux branches de celui-ci, l'élément du courant constitué par l'atmosphère lumi-

neuse croise à angle droit les éléments du courant magnétiques les plus voisins; et comme ces éléments réagissent d'une manière concordante dans un même sens, l'élément mobile tend à s'infléchir de manière à marcher parallèlement avec eux, du moins dans la partie la plus rapprochée des surfaces polaires; il en résulte une nappe de feu circulaire dont la courbure est toujours plus prononcée du côté de l'électro-aimant, et dont le développement doit se faire à l'est ou à l'ouest de la ligne axiale, suivant la direction du courant magnétique de l'électro-aimant par rapport à la décharge.

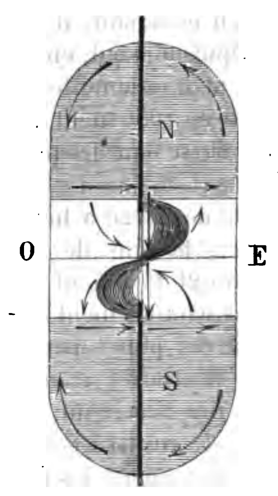


Fig. 25.

Avec une décharge produite entre les pôles de l'électro-aimant, suivant la ligne axiale, comme dans la fig. 25 ci-dessus, l'élément de courant mobile se trouve dans un cas analogue au cas précédent; seulement, comme en croisant les éléments du courant magnétique les plus

voisins dans chaque pôle, il s'éloigne de l'un alors qu'il s'approche de l'autre; les effets sont diamétralement opposés aux deux extrémités de l'étincelle, et la projection de l'atmosphère doit se faire dans deux sens différents, ce qui doit constituer un élément d'hélice. En effet, dans l'appréciation des forces mises en jeu, il importe de ne pas perdre de vue que c'est seulement dans l'intervalle entre les rhéophores que l'action doit être étudiée, puisque c'est cet intervalle que traverse l'élément de courant mobile qui, sans l'action de l'aimant, serait en ligne droite. Comme chaque pôle de celui-ci n'agit que sur la partie de cet élément de courant la plus voisine, une moitié sera affectée par un pôle, la seconde par l'autre pôle. Si donc le courant magnétique du pôle sud S à l'ouest du rhéophore négatif marche par rapport au courant induit à travers la solution de continuité de manière à le couper en se rapprochant en même temps que lui du point commun du croisement, il y aura attraction de la partie de l'élément de courant soumise à cette réaction, c'est-à-dire tendance à ce que cette partie de l'élément de courant vienne se placer parallèlement au courant magnétique. Cette réaction sera même aidée de la répulsion produite à l'est du rhéophore par l'action des deux courants dont l'un s'éloigne du point commun de croisement, alors que l'autre s'en approche. Comme, d'un autre côté, l'élément de courant mobile est sollicité par l'attraction électrique qui tend à le faire marcher en ligne droite, il en résulte une inflexion de la première moitié de cet élément de courant mobile dans une direction oblique vers l'ouest. De plus, cette réaction ne s'effectuant pas seulement dans un plan horizontal, puisque tous les courants magnétiques au-dessous des surfaces polaires exercent également leur action, il s'ensuit que l'élément de courant est obligé de se diviser et de se développer sui-

vant une surface gauche, qui n'est autre qu'un élément d'hélice. Inutile de dire que les mêmes effets se répétant à l'autre pôle N (c'est-à-dire au pôle nord) sur la seconde moitié de l'élément mobile, mais en sens contraire, puisque le courant dans la solution de continuité se présente vers son point de croisement avec le courant magnétique d'une manière opposée au cas précédent, il arrive que l'élément de courant mobile, dans cette seconde moitié, se trouve infléchi vers l'est et que la spire d'hélice commencée par le pôle sud se trouve achevée par le pôle nord.

Enfin, quand les décharges s'effectuent sur l'une ou l'autre des surfaces polaires, comme dans la figure 23, l'élément de courant constitué par l'atmosphère lumineuse marche toujours d'accord avec l'un des éléments du courant magnétique circulaire au milieu duquel il se trouve; il y a alors attraction entre ces deux éléments de courant, et cette attraction est d'autant plus énergique qu'elle est aidée de la répulsion produite par l'élément du courant magnétique diamétralement opposé à celui qui provoque l'attraction. La nappe de feu projetée se trouve donc avoir une position déterminée pour chaque direction azimutale de la décharge sur les pôles magnétiques, et cette position est, bien entendu, opposée pour ces deux pôles, puisque le sens du courant magnétique est différent.

L'étude des variations de l'intensité du courant induit pendant ces différentes réactions révèle des particularités assez intéressantes. Il y a, bien entendu, affaiblissement du courant par l'effet de l'insufflation par les aimants, mais cet affaiblissement n'est pas le même suivant les différentes positions des pôles magnétiques par rapport à la décharge, et il est généralement moins grand que celui causé par l'insufflation au moyen des courants d'air. Voici

en effet les déviations du galvanomètre correspondantes aux différentes orientations de la décharge :

Intensité du courant induit sans insufflation.............. . 60°
Intensité du courant induit avec insufflation par les courants d'air.. 30°
Intensité du courant induit avec insufflation par l'électro-aimant, la décharge s'effectuant dans le sens équatorial et l'atmosphère étant projetée au-dessous des surfaces polaires...... 40°
Intensité du courant induit avec insufflation par l'électro-aimant, la décharge s'effectuant dans le sens équatorial et l'atmosphère étant projetée au-dessus des surfaces polaires....... 50°
Intensité du courant induit avec insufflation par l'électro-aimant, la décharge s'effectuant suivant la ligne axiale, quel que soit le sens.. 54°
Intensité du courant induit avec insufflation par l'électro-aimant, la décharge s'effectuant sur l'un des pôles et l'atmosphère étant repoussée vers la ligne équatoriale................... 57°
Intensité du courant induit avec insufflation par l'électro-aimant, la décharge s'effectuant sur l'un des pôles et l'atmosphère étant repoussée vers le centre de ce pôle.................. 60°

Comme on le voit, l'affaiblissement du courant induit dû aux différentes insufflations est d'autant plus considérable que l'énergie de l'insufflation est elle-même plus considérable et qu'elle s'effectue d'une manière plus uniforme.

Si on combine ensemble l'insufflation par les courants d'air et l'insufflation magnétique, l'affaiblissement du courant induit est encore plus marqué, comme le témoignent les chiffres suivants :

Intensité du courant induit sans insufflation................ 50°
Intensité du courant induit insufflé par l'électro-aimant, suivant la ligne équatoriale.................................. 35°
Intensité du courant induit avec insufflation magnétique et insufflation par les courants d'air combinées.............. 22°

Du reste, l'insufflation par les courants d'air exerce toujours un effet plus énergique que l'insufflation magnétique,

car l'atmosphère étant projetée dans un sens par l'effet de cette dernière insufflation, on peut la repousser du côté opposé en soufflant avec un soufflet en sens contraire de l'aimant.

Pour que ces différentes expériences soient comparables, il faut nécessairement employer l'électro-aimant avec excitateur à pinces que nous avons décrit page 10. Il donne en même temps la possibilité de changer les électrodes et d'étudier à ce nouveau point de vue les effets que nous venons de passer en revue.

Les différents métaux ne présentent sous ce rapport rien de bien particulier; l'atmosphère de l'étincelle qu'ils excitent et qui est projetée par l'électro-aimant, présente à peu près les mêmes caractères; elle est seulement un peu plus blanchâtre avec le mercure et un peu plus rougeâtre avec les métaux les plus fusibles, comme le bismuth et le plomb. Mais en employant des rhéophores

Fig. 26.

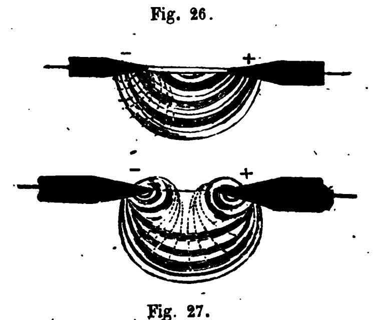


Fig. 27.

de charbon, les effets sont tout à fait particuliers. Ainsi, l'atmosphère projetée avec de pareils rhéophores offre l'aspect des figures ci-dessus, l'une (fig. 27), représentant l'atmosphère projetée de l'étincelle échangée entre deux charbons de braise de bois, l'autre représentant la

même atmosphère entre deux charbons de cornue. Dans la première, on remarque non-seulement de larges stries de lumière alternativement sombres et claires, qui la sillonnent parallèlement à la ligne de courbure, mais on voit encore autour des pôles de petites stries du même genre, qui les entourent circulairement. Enfin le tout est traversé par des espèces de lignes de feu discontinues de couleur rouge et très-fines qui ont une position symétrique et qui semblent former comme une gerbe d'étincelles provenant d'un feu d'artifice. Nous avons indiqué par des lignes ponctuées ces différents filets lumineux qui paraissent formés de particules carbonées devenues incandescentes et repoussées par l'action polaire des rhéophores combinée à l'action de l'aimant.

Comme avec les rhéophores en charbon de braise la décharge directe est très-réduite, les réactions extérieures qui affectent l'atmosphère doivent influencer d'une manière plus énergique le courant. Aussi remarque-t-on que l'affaiblissement de celui-ci par l'insufflation est dans ce cas plus considérable que quand les rhéophores sont métalliques. En effet, l'intensité du courant induit étant représentée sans insufflation par 62°, elle se trouve réduite à 35 au moment de l'insufflation magnétique et avec une décharge effectuée suivant la ligne équatoriale.

On peut du reste voir à l'œil nu l'effet d'affaiblissement que produit sur le courant induit l'insufflation magnétique, en considérant les points des rhéophores de charbon entre lesquels s'échange l'étincelle. Quand l'étincelle n'est pas insufflée, ces points *rougissent immédiatement* et sont bien vite creusés, tandis que quand l'insufflation magnétique est produite on n'aperçoit plus de traces d'incandescence sur les charbons, et ceux-ci s'usent infiniment moins vite.

L'atmosphère projetée de l'étincelle produite entre

deux charbons de cornue ne présente pas de stries circulaires autour des rhéophores, et les lignes discontinues de feu résultant de la projection des particules charbonnées incandescentes ne se voient qu'au rhéophore négatif, où elles forment comme une espèce d'aigrette recourbée, ainsi qu'on le voit fig. 26. Cette atmosphère ne diffère que très-peu d'ailleurs de celle des étincelles échangées entre les métaux. Du reste, il est à remarquer qu'avec l'étincelle sans insufflation, ces lignes de feu ont toujours une tendance à se former au pôle négatif, même avec des rhéophores métalliques, surtout si ce rhéophore présente des parties anguleuses et excite l'étincelle sur la partie cylindrique du rhéophore positif.

VI.

PROPRIÉTÉS PARTICULIÈRES DES DEUX FLUX COMPOSANT L'ÉTINCELLE D'INDUCTION.

Dès l'année 1855 j'avais reconnu que les deux flux constituant l'étincelle d'induction ne possédaient pas le même pouvoir calorifique, et comme à cette époque on se préoccupait beaucoup de l'action différente des pôles de la pile au point de vue de la chaleur et de la lumière qu'ils développaient, action qui avait fait regarder l'un de ces pôles comme le pôle de la lumière, et l'autre comme le pôle de la chaleur, j'avais cru voir dans les deux flux électriques de l'étincelle d'induction l'expression de ces deux actions différentes, et de là la phrase suivante insérée à ce sujet dans le mémoire que je présentai à l'Académie des sciences, le 5 février 1855 : « Cette « atmosphère est-elle l'expression de l'effet calorifique de « l'électricité, tandis que l'étincelle sinueuse et blanche « serait celle de l'effet lumineux ?..... etc. » Les pro-

priétés calorifiques de l'atmosphère lumineuse m'avaient été révélées à cette époque de plusieurs manières : d'abord par les effets de combustion ou de fusion produits par l'étincelle, lesquels effets correspondaient par leurs dimensions à l'atmosphère de cette étincelle, et non aux filets lumineux de la décharge directe ; en second lieu par la suppression des effets calorifiques de l'étincelle lorsque celle-ci était privée d'atmosphère ; enfin par la différence de vitesse d'échauffement de deux thermomètres très-sensibles introduits dans les deux flux électriques après leur séparation par l'insufflation. Cette dernière expérience m'avait été suggérée au moment de l'exposition universelle de 1855, par M. Valerius de Gand, après que je lui eus montré la largeur considérable de la trace carbonisée laissée sur une planche de bois blanc devant laquelle j'avais fait passer l'étincelle pendant quelques secondes. Pour faire cette expérience thermométrique j'avais pris les deux thermomètres de l'hygromètre de M. Regnault, dont j'avais préalablement noirci les boules avec du noir de fumée, et je plongeais l'un dans l'atmosphère insufflée, l'autre au milieu du jet lumineux. Ce dernier thermomètre montait beaucoup moins rapidement que le premier.

M. Perrot, par le dispositif de son système d'insufflation étant parvenu à séparer beaucoup plus complétement que je ne l'avais fait les deux flux de l'étincelle d'induction, a pu constater d'une manière plus rigoureuse et plus frappante cette propriété calorifique différente de ces deux flux. En effet, en plaçant à travers l'espèce de V constitué par les deux effluves électriques un fil très-fin de platine, il a reconnu qu'à l'un des points de rencontre le fil reste relativement froid, tandis qu'il devient chaud et même souvent incandescent à l'autre point de rencontre. Il a reconnu encore qu'un fil de verre n'est

pas fondu quand on le maintient dans le flux lumineux, tandis qu'au contraire il se trouve immédiatement fondu quand on le plonge dans l'atmosphère insufflée. Enfin il a constaté qu'aucune action mécanique n'était produite par l'atmosphère, tandis que le trait de feu en déterminait une suffisamment énergique pour percer une feuille de papier sans produire aucune trace de combustion.

Comme les courants qui possèdent les propriétés calorifiques les plus développées sont des *courants de quantité*, j'avais conclu dès l'origine que l'atmosphère lumineuse de l'étincelle d'induction contenait le courant induit à l'état de *flux de quantité*, tandis que le trait de feu de la décharge directe ne constituait *qu'un flux de haute tension* analogue à celui produit par les machines électriques ordinaires. Cette opinion devint bientôt une conviction quand, ayant fait réagir un électro-aimant sur l'étincelle, je reconnus que l'atmosphère seule était impressionnée par le magnétisme, et que les traits de feu ne semblaient être nullement affectés ; le raisonnement d'ailleurs me fortifiait dans cette manière de voir, car il était logique de supposer que l'électricité doit passer en plus grande quantité par un conducteur continu qu'en sautant d'un rhéophore à l'autre par suite d'une simple attraction de fluides accumulés. Toutefois, M. Perrot a tenté pour prouver cette différence d'état physique des deux flux une expérience décisive qui ne peut plus laisser aucun doute à cet égard.

Les deux flux de l'étincelle d'induction pouvant dans l'expérience de M. Perrot, que nous avons décrite p. 40, constituer deux circuits distincts, indépendants l'un de l'autre, on peut interposer dans chacun de ces circuits un voltamètre, et étudier séparément l'action chimique des deux flux. Or, en procédant ainsi, M. Perrot a trouvé non-seulement que le courant en rapport avec le flux de

l'atmosphère insufflée *produisait seul une action électrolytique*, mais encore que le travail chimique du courant induit devient maximum lorsque l'atmosphère lumineuse de l'étincelle atteint un volume donné [1]. En procédant de la même manière avec le flux électrique produit par le pôle extérieur du circuit induit qui, ainsi que nous l'avons dit, est dépouillé d'atmosphère, il a reconnu encore qu'aucune action électrolytique n'était produite. Comme il n'y a que les courants de quantité qui peuvent produire une action chimique appréciable, il était donc démontré par ces expériences, que l'atmosphère lumineuse de l'étincelle d'induction joue le rôle d'un flux de quantité, tandis que le trait de feu de la décharge directe joue le rôle d'un flux sans quantité, mais ayant beaucoup de tension, puisqu'il est le seul à produire des effets mécaniques.

Cette conclusion peut être démontrée encore en introduisant dans les deux circuits de l'étincelle insufflée deux galvanomètres au lieu de deux voltamètres. L'un de ces galvanomètre ne fournit aucunes déviations, tandis que l'autre en accuse d'assez considérables, et même de

1. Quelques personnes ont voulu inférer de cette expérience de M. Perrot que c'était lui qui avait déterminé le premier *l'état électrique différent des deux flux de l'étincelle d'induction*; mais bien que j'aie constaté longtemps avant lui cet état ainsi qu'on l'a vu plus haut, les termes mêmes de ma réclamation de priorité à l'Institut, dans sa séance du 23 août, ne peuvent laisser aucun doute à cet égard; car je dis très-nettement dans cette réclamation que j'avais toujours considéré le flux représenté par l'atmosphère comme un flux de quantité, et le flux des traits de feu comme un flux de haute tension. Cette assertion a été même reproduite dans *le Cosmos*, à la même époque. Or, dans le premier travail de M. Perrot sur cette question, présenté à l'Académie, le 24 juillet, il n'est nullement question de cette différence d'état électrique des deux flux, et d'après même cette note on pourrait croire que M. Perrot supposait à ces deux flux des caractères physiques tout autres que ceux qui différencient l'état électrique de tension et l'état électrique de quantité.

presque aussi considérables que si les deux flux n'étaient pas séparés.

L'état électrique des deux parties constituantes de l'étincelle d'iuduction étant ainsi reconnu, il devenait important de savoir : 1° à quelles causes il fallait attribuer la différence d'éclat des deux flux ; 2° quelles étaient les propriétés particulières de chacun d'eux. J'ai entrepris à cet égard un grand nombre de recherches qui m'ont conduit à des résultats assez curieux.

Si on plonge le rhéophore positif du circuit induit dans un liquide médiocrement conducteur (de l'eau ordinaire), et qu'on excite l'étincelle de la part du liquide avec le réophore négatif à très-petite distance du rhéophore positif, le jet brillant de l'étincelle gagne d'abord

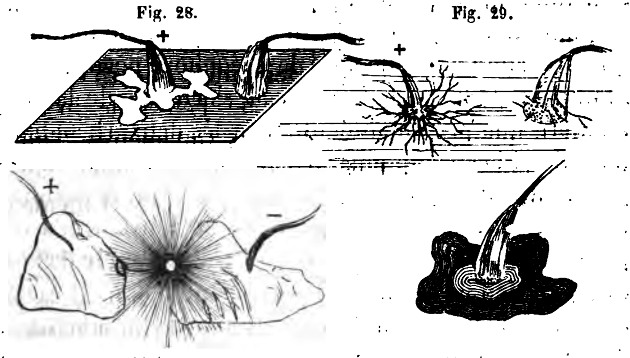


Fig. 28. Fig. 29. Fig. 30. Fig. 31.

le liquide, puis se replie à angle droit pour glisser à la surface du liquide et s'échanger directement avec le rhéophore immergé; l'atmosphère, au contraire, passe en totalité par le liquide, et en *ressort* près du point de courbure du jet brillant en déterminant un disque rouge assez développé à la surface du liquide qui laisse échapper quelques filets lumineux comme on le voit fig. 29,

dans le jet de droite. Cette atmosphère traverse alors la couche d'air qui la sépare du rhéophore négatif en présentant les phénomènes connus. On peut se convaincre que ce disque rouge n'est autre chose que le point de sortie de l'effluve de quantité en provoquant l'étincelle sur la partie du rhéophore positif, qui est en dehors du liquide, et en plongeant successivement le système ainsi disposé jusqu'à ce que la partie métallique d'où sort l'atmosphère lumineuse soit immergée dans le liquide. On voit alors cette atmosphère qui n'a pas changé de position sortir du liquide par le disque rouge dont nous avons parlé, et celui-ci ne semble être autre chose que l'intersection du fuseau lumineux par la surface liquide. Cette double expérience se fait admirablement avec l'excitateur micrométrique décrit page 6.

Quand le rhéophore négatif plonge dans le liquide, et qu'on excite l'étincelle avec le rhéophore positif, le trait lumineux de la décharge directe s'échange de la même manière que précédemment entre les deux rhéophores; mais il est beaucoup plus brillant, et peut s'échanger de plus loin, parce que l'électricité positive qui détermine la réaction en raison de sa plus grande tension, n'a dans ce cas rien perdu de cette tension. L'atmosphère de l'étincelle, au lieu de sortir du liquide comme dans le cas précédent, y *entre* en déterminant autour d'elle à la surface de celui-ci de nombreux filets lumineux ramifiés de couleur violette, qui ressemblent assez à des racines d'arbres, et qui sont d'autant plus longs que l'étincelle est provoquée de plus loin. Cet allongement toutefois s'effectue au préjudice des dimensions de l'atmosphère conformément à la loi que nous avons posée page 30. Le jet de gauche de la fig. 29 peut donner une idée de cet aspect de l'étincelle.

Quand les deux rhéophores sont assez éloignés l'un de

l'autre pour que le jet direct ne puisse plus s'échanger directement entre eux, *le jet lumineux se confond avec l'atmosphère lumineuse dont il prend la couleur,* et les effets précédents se reproduisent, mais avec un développement beaucoup plus grand.

Enfin quand on surexcite l'étincelle par les deux rhéophores à la fois, c'est-à-dire en les présentant tous deux à très-petite distance de la surface liquide, les effets lumineux sont grandement rapetissés ; mais on reconnaît toujours en eux une disposition à reproduire les phénomènes que nous avons étudiés précédemment.

Ces expériences, outre les résultats curieux que nous venons de signaler, démontrent que l'éclat et la blancheur du jet brillant de l'étincelle d'induction *sont dus au transport mécanique des particules métalliques arrachées aux rhéophores (surtout au pôle positif) par ce flux électrique, et entraînées par lui*, car là où il n'y a plus transport de ces particules, il n'y a plus d'éclat dans l'étincelle produite ; c'est ce dont on peut du reste s'assurer d'une manière plus convaincante encore en échangeant une étincelle entre deux rhéophores liquides ou même entre deux gouttes d'eau déposées l'une près de l'autre sur un rhéophore de verre. Dans ce cas on n'aperçoit qu'un filet lumineux violet très-mince et très-délié, dont le point d'attache avec la goutte négative est bleuâtre ; mais une chose qu'on devra remarquer, c'est que, pour que le trait brillant de l'étincelle puisse jouir de son éclat, *la présence de deux rhéophores métalliques est indispensable.* Un seul ne peut suffire, puisque, ainsi que nous l'avons vu, l'étincelle provoquée par un rhéophore métallique de la part d'une surface liquide n'a jamais d'éclat. Les jets de feu dans ce cas se confondent avec leur atmosphère, et ne peuvent plus se distinguer que quand, par le rapprochement successif des rhéophores métalli-

ques, ils commencent à entraîner des particules métalliques. *On voit alors un des filets rougeâtres de l'atmosphère blanchir successivement, et se transformer bientôt en un filet d'un grand éclat qui glisse à la surface liquide sans être entouré d'aucune lueur, et qui en s'allongeant s'échange directement d'un rhéophore à l'autre ainsi que nous l'avons vu, laissant l'atmosphère passer par la masse du liquide.*

Cette nécessité de l'intervention de deux rhéophores métalliques pour produire le jet brillant de la décharge directe pourrait peut-être s'expliquer en disant que si l'électricité positive, qui a plus de tension que l'électricité négative, ainsi que nous le démontrerons plus tard, opère l'action mécanique nécessaire pour détacher les particules matérielles, il faut l'intervention de l'action calorifique de l'électricité négative pour les porter à l'incandescence. Or, si par la nature des rhéophores, l'une ou l'autre des deux actions manque, l'effet lumineux brillant doit manquer également.

Il était intéressant de savoir comment varie l'intensité du courant induit dans les différentes expériences qui précèdent. Or, en interposant le galvanomètre sur l'un des rhéophores, j'ai trouvé 1° que le courant résultant du passage de l'atmosphère de l'étincelle à travers le liquide est aussi intense, quelle que soit d'ailleurs la polarité de ce liquide, que celui résultant du passage simultané de cette atmosphère et du trait lumineux échangé directement d'un rhéophore à l'autre; 2° que le courant qui résulte de l'excitation de l'étincelle par le rhéophore négatif est plus faible que celui qui résulte de l'excitation de cette même étincelle par le rhéophore positif, ce qui est la conséquence de la transmission électrique d'une petite surface conductrice à une grande; 3° que le courant, tout à fait fermé par un liquide, laisse passer plus difficilement le courant inverse

qu'un circuit métallique, car avec le circuit semi-liquide les déviations du galvanomètre sont assez considérables, tandis qu'elles sont à peu près nulles avec le circuit métallique.

Jusqu'à présent, nous avons parlé des deux flux électriques constituant l'étincelle d'induction, comme si ces flux ne différaient que par la plus ou moins grande quantité des fluides mis en circulation dans chacun d'eux. Nous savons, il est vrai, que les jets de la décharge directe exercent des effets mécaniques beaucoup plus énergiques que le flux de l'atmosphère; mais comme celui-ci passe à travers un conducteur, on ne peut pas apprécier exactement sa tension. Pourtant, si l'on examine le phénomène de plus près, on voit que ces deux genres de manifestation électrique n'ont pas exactement les mêmes caractères. Ainsi, quand on sépare les deux flux l'un de l'autre à la manière de M. Perrot, et qu'on pratique une solution de continuité dans le circuit correspondant au flux de l'atmosphère projetée, l'étincelle qui passe à travers cette solution de continuité est la reproduction exacte de l'effluve qui lui a donné naissance; elle est, par conséquent, totalement privée des traits de feu constituant une décharge d'électricité statique. Il en est de même si on pratique une solution de continuité sur le circuit correspondant aux traits de feu de la décharge directe; l'étincelle produite est, comme le flux qui lui a donné naissance, privée d'atmosphère [1]. Or, pour qu'une même cause induisante donne lieu à deux développements électriques différents, tels que l'un réunisse toutes les conditions des courants des piles, alors que l'autre réunit toutes celles des décharges d'électricité statique, il faut une action physique autre que celle qui provoque une simple dé-

1. Ces expériences sont de M. Perrot.

rivation, et on pourrait peut-être en rendre compte en se reportant à certaines expériences très-curieuses de M. Gaugain qui démontrent *que tous les corps sont susceptibles de deux conductibilités : l'une extérieure, ayant la propriété de transmettre l'électricité à la surface extérieure des corps, et étant indépendante de leur longueur; l'autre intérieure, effectuant la propagation des fluides de molécule à molécule dans toute la masse même de ces corps, et ayant par suite les propriétés déterminées par les lois de Ohm;* c'est-à-dire étant en raison inverse de la longueur des conducteurs et en raison directe de leur section. Il est vrai que les expériences de M. Gaugain n'ont porté que sur les corps médiocrement conducteurs, sur lesquels seuls cette distinction pouvait être faite; mais rien ne s'oppose à admettre que les deux sortes de conductibilités puissent exister chez les corps bons conducteurs. D'après cela, on pourrait peut-être regarder le mouvement électrique produisant les effets statiques dans nos expériences d'induction comme résultant de la conductibilité extérieure du fil induit, tandis que le mouvement électrique produisant les effets de l'électricité de quantité serait le résultat de la conductibilité intérieure de ce même fil. Ces deux mouvements électriques différents pourraient provenir dans l'origine d'une distribution des fluides soumise aux lois des courants dérivés; car les fluides électriques, même à l'état statique, pouvant se propager à travers la masse même des corps conducteurs, ainsi que l'a encore démontré M. Gaugain, une partie pourra être conduite par la surface extérieure de ces corps, laquelle, en raison de l'uniformité de la résistance de celle-ci, pourra avoir le plus de tension, et une autre partie, la plus grande, pourra être transmise par la masse intérieure de ces mêmes corps, lequelle supplée à son moindre pouvoir conducteur par le plus grand nombre

d'atomes conducteurs qui se trouvent simultanément impressionnés. L'une des expériences que nous avons rapportées précédemment démontre en quelque sorte ces deux conductibilités en rendant visible à l'œil la conduction simultanée des deux flux, l'un par la surface, l'autre par la masse des liquides conducteurs; et je crois même que *la longueur des filets lumineux* de l'étincelle échangée avec le rhéophore positif sur de pareils liquides, représente l'excès de tension de l'électricité conduite par la surface extérieure du fil induit sur celle du fluide conduit par la masse de ce même fil.

L'explication que nous venons de donner pourrait rendre compte de la plus grande tension qu'acquièrent les courants induits par suite de l'allongement du fil induit, sans que pour cela ils augmentent en quantité; car la résistance de la surface extérieure du circuit étant indépendante de sa longueur, alors que celle de la masse croît avec cette longueur, plus le circuit sera long, plus la différence entre les deux sortes de conductibilités sera considérable, et plus, par conséquent, la tension l'emportera sur la quantité. On pourrait, de la même manière, expliquer le peu d'influence qu'exerce le bon isolement du fil du circuit induit relativement aux effets d'aimantation qui sont produits par le courant induit. En effet, l'électricité qui a le plus de tension et qui circule à l'extérieur du fil induit peut se perdre sans que l'électricité de quantité conduite par la masse de ce fil en souffre d'une manière notable; bien plus, même cette déperdition ne peut être que favorable, car deux mouvements électriques différents conduits simultanément doivent réagir d'une façon peu avantageuse pour la création des courants moléculaires dans les corps magnétiques qui se trouvent soumis à l'action des courants induits; et les expériences de la machine des Invalides, dont j'ai parlé dans ma *Notice*,

page 379, prouvent surabondamment ce fait. Aussi remarque-t-on des machines d'induction moins bien isolées que la machine de Ruhmkorff produire des effets magnétiques beaucoup plus considérables. Enfin, avec la même hypothèse on explique de la manière la plus simple l'augmentation de l'électricité de quantité dans les courants induits par l'augmentation de la section du fil induit, puisque alors la conductibilité intérieure est augmentée au préjudice de la conductibilité extérieure.

Jusqu'ici nous nous sommes plus occupé de l'atmosphère qui entoure l'étincelle d'induction que des jets lumineux qui constituent la décharge proprement dite. Nous avons démontré seulement que ces jets de feu jouissent de la propriété de s'accrocher aux corps conducteurs et de pouvoir être déplacés par eux, qu'ils exercent les effets mécaniques propres à l'électricité de tension, et ne possèdent pas de propriétés chimiques appréciables; mais nous n'avons pas encore étudié les effets des influences extérieures par rapport à eux. C'est ce que nous allons faire maintenant.

L'électricité de tension ayant une grande facilité pour se condenser à un degré énergique, il était à supposer qu'en condensant les fluides dégagés à l'extrémité des rhéophores avant d'en opérer la décharge, les jets lumineux devaient acquérir un grand développement au préjudice de leur atmosphère lumineuse. C'est, en effet, ce que l'expérience démontre; et si l'on soumet une étincelle produite dans ces conditions au microscope, on n'aperçoit que quelques traces d'atmosphère lumineuse sur les côtés seulement de l'effluve lumineux constitué par les jets de la décharge directe. Il en est de même pour l'étincelle produite sur l'un ou sur l'autre des rhéophores appelés à produire la condensation des fluides. Ainsi, si l'on fait aboutir le pôle extérieur de l'appareil de Ruhmkorff

à l'excitateur du microscope, et que celui-ci communique d'autre part avec l'armure interne d'un condensateur dont l'armure externe communique déjà au pôle intérieur de l'appareil d'induction, les filets lumineux isolés provenant de la décharge directe du pôle extérieur de l'appareil acquièrent un bien plus grand développement, et sont beaucoup plus nombreux aussitôt que la condensation s'opère. Dans ce cas, cependant, on ne remarque aucunes traces d'atmosphère autour d'eux.

Le phénomène est encore plus marqué quand l'excitateur, au lieu d'être interposé sur le rhéophore en rapport avec le pôle extérieur de l'appareil d'induction, est interposé sur le rhéophore en communication avec le pôle intérieur. Bien que dans les circonstances ordinaires, ce pôle intérieur ne fournisse pas d'étincelles à distance avec un corps conducteur étranger au circuit, la décharge, dans l'expérience précédente, se manifeste à travers l'excitateur du microscope, même quand le courant n'est pas condensé. Cet effet n'est du reste que la répétition du phénomène constaté il y a déjà longtemps par M. F. de Castro, lors de ses expériences sur le chemin de fer d'Almanza, et par lequel les deux pôles de l'appareil Ruhmkorff peuvent être placés dans les mêmes conditions dès lors que l'on adapte *au pôle intérieur* un fil isolé de grande longueur, ou qu'on excite l'étincelle de la part de ce pôle avec un corps conducteur de grande surface. M. F. de Castro explique cet effet en disant que par le moyen du conducteur additionnel on place l'extrémité intérieure du fil induit dans les mêmes conditions, eu égard au centre d'induction, que l'extrémité extérieure; mais nous croyons qu'il vient tout simplement de ce que l'électricité de tension dégagée à cette extrémité intérieure ne trouvant pas, dans les conditions ordinaires de construction de l'ap-

pareil de Ruhmkorff, une assez grande surface métallique pour se développer, passe en partie par l'hélice inductrice, ou tout au moins est condensée par elle, jusqu'à ce qu'un conducteur additionnel lui ouvre une issue pour lui permettre une accumulation facile ou provoque une réaction par influence assez développée pour contrebalancer l'action condensante de l'hélice inductrice.

Du reste, le même effet se reproduit également quand le courant induit passe à travers une solution de continuité en donnant lieu à une longue étincelle; un corps conducteur étranger au circuit peut alors provoquer une étincelle de la part de l'un ou de l'autre des deux rhéophores, et même des deux en même temps; il est vrai que ces étincelles sont très-petites et dépouillées d'atmosphère; mais elles n'en accusent pas moins l'effet par influence exercé par les fluides en circulation à la surface des rhéophores.

Quant aux filets lumineux produits au pôle extérieur du circuit induit, ils présentent plusieurs particularités qui sont la conséquence de leur grande tension et de leur nature statique. Ainsi, quand on les soutire d'un fil fin attaché à ce pôle, ils sont plus longs que quand ils sont soutirés de l'extrémité d'un conducteur de plus grosse section. Avec un fil de 4 dixièmes de millimètre, ils peuvent avoir 3 millimètres de longueur, tandis qu'ils n'en ont qu'un avec un fil de 2 millimètres. Les mêmes effets se manifestent à l'égard des rhéophores taillés en pointe, si on les compare aux effets des rhéophores arrondis par leurs extrémités ou terminés par des boules.

Enfin, quand un corps médiocrement conducteur, tel qu'une règle en bois, est interposé entre deux conducteurs qui doivent exciter l'étincelle au pôle extérieur du circuit induit, ou même quand un corps conducteur

d'assez grande surface, tel que la main ou une plaque métallique, est placé dans le voisinage de la décharge, l'étincelle s'allonge considérablement. Un simple morceau de métal appuyé sur l'enveloppe de gutta-percha qui recouvre le fil excitateur suffit même pour produire ce phénomène. Cet effet s'explique par l'effet de surexcitation que produit sur l'électricité accumulée au pôle extérieur du circuit induit un corps conducteur capable de s'électriser par influence. Pour que cet effet soit bien marqué, il faut que l'étincelle ait traversé une forte résistance métallique, le fil induit d'une deuxième machine d'induction, par exemple ; on place alors le fil excitateur recouvert de gutta-percha à distance suffisante pour que la solution de continuité ne laisse plus passer l'étincelle, et il suffit d'approcher la main de cette solution de continuité pour qu'immédiatement l'étincelle se produise.

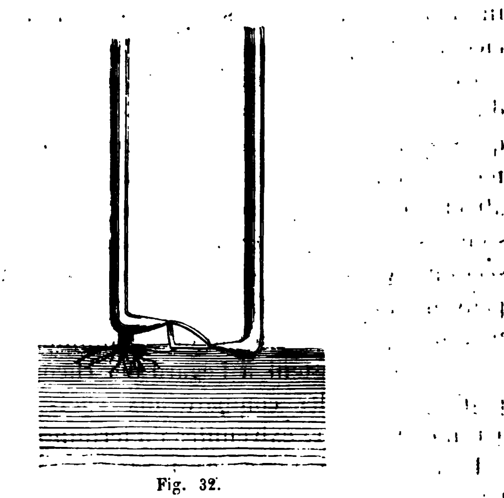


Fig. 32.

L'effet des pointes sur le flux de tension est tellement marqué, qu'on peut obtenir par leur intervention la sépa-

ration complète de ce flux de l'effluve de quantité constituant l'atmosphère lumineuse. Si on dispose, en effet, l'un en face de l'autre, deux rhéophores de la forme de ceux de la fig. 32, et qu'on maintienne celui de gauche à une petite distance au-dessus d'un liquide conducteur, alors que l'autre y plonge par sa partie ronde, le flux de tension s'échange directement entre les deux pointes en suivant la surface du liquide, et le flux de quantité passe directement de la partie arrondie du rhéophore de gauche à la surface de l'eau en produisant les effets que nous avons déjà analysés. Du reste, il est à remarquer qu'avec des rhéophores dont les bouts sont taillés en biseau, l'effluve correspondant au trait de feu sort par la partie la plus aiguë, tandis que l'effluve correspondant à l'atmosphère sort de la partie plate.

Une décharge échangée entre une surface métallique et un fil présente aussi quelques particularités assez intéressantes; ainsi, quand la plaque est positive, elle ne produit qu'un jet de feu parfaitement droit, qui change très-peu de place et dont l'atmosphère est assez développée, tandis que quand cette plaque est négative, il se forme toujours deux, trois ou quatre jets de feu écartés les uns des autres, et variables dans leurs points de contact avec la plaque. En même temps, ils peuvent s'échanger de plus loin, et la lumière négative, en s'épanouissant alors sur la plaque, forme souvent, quand celle-ci est un peu salie, des espèces de larges flaques de lumière comme on le voit fig. 28, page 61.

Avec deux plaques employées comme rhéophores, l'étincelle est complétement instable, elle est très-courte et cherche toujours les points de ces surfaces les plus anguleux pour pouvoir se produire, ce qui prouve que c'est le flux statique qui détermine la réaction. Généralement cependant, la décharge s'effectue plus facilement entre

une pointe et une plaque qu'entre deux pointes, et c'est pourquoi il arrive souvent, dans les expériences habituelles, qu'une petite distance entre les extrémités des fils des rhéophores est moins favorable au développement de l'étincelle qu'une plus grande distance avec ces extrémités placées perpendiculairement entre elles, de manière que l'une excite l'étincelle de la part de la surface cylindrique de l'autre. Cela tient, je crois, en grande partie, à l'oxydation qui se forme à l'extrémité des rhéophores pointus, et qui augmente la résistance opposée à la décharge quand de pareils rhéophores sont opposés l'un à l'autre. On peut s'en convaincre en grattant les pointes de ces rhéophores : aussitôt que cette opération a été faite, l'étincelle reprend ses dimensions primitives. Or, il est facile de comprendre que cette résistance opposée à la décharge est nécessairement moins grande quand l'étincelle s'échange entre une pointe et une surface métallique que quand elle s'échange entre deux pointes, puisque l'oxydation est relativement peu considérable sur une plaque, et que l'étincelle peut se déplacer pour chercher les points de cette plaque les moins oxydés. On peut avoir une idée de ces oxydations en échangeant l'étincelle sur une lame d'argent poli, car elles forment alors une tache circulaire avec une auréole de nuances différentes, comme on le voit sur la fig. 31. Dans cette auréole, le bleu accuse la partie centrale, sauf le point du centre, et le brun, dont les contours sont beaucoup moins arrêtés, circonscrit extérieurement la tache.

Une jolie manière de montrer l'effet calorifique produit par l'effluve de quantité qui traverse toujours les conducteurs secondaires, c'est de faire passer l'étincelle à travers une couche de noir de fumée, recouvrant une couche demi-conductrice. Pour cela, on frotte une lame de verre avec une ou deux gouttes de l'eau acidulée qui

sert à la pile et on l'expose, après qu'elle a été séchée, au-dessus de la flamme d'une bougie ; si on excite la décharge à travers le dépôt ainsi formé, on voit des *filets de feu* qui se forment aux deux pôles, surtout au pôle négatif, et qui s'avancent lentement, de proche en proche, l'un vers l'autre, en décrivant des sinuosités en zigzags. Lorsque ces filets sont assez rapprochés l'un de l'autre, ils donnent lieu à une décharge directe, qui suit les mêmes sinuosités, mais qui, au lieu d'être rouge, est d'une blancheur éblouissante.

VII.

CONSTITUTION APPARENTE DE L'ÉTINCELLE D'INDUCTION.

Nous n'avons envisagé jusqu'à présent l'étincelle d'induction qu'au point de vue des phénomènes produits par chacun des flux qui la composent, et sans entrer dans de grands détails sur les effets lumineux qui en sont la conséquence. C'est que les dimensions de ces flux sont tellement petites que, pour saisir leurs caractères réciproques, il faut avoir recours à des appareils microscopiques fournissant un assez fort grossissement.

Plusieurs difficultés d'installation m'avaient dans l'origine empêché de faire cette étude, mais ayant pu, cette année, triompher des obstacles qui s'étaient présentés, j'ai entrepris sur ce sujet une série de recherches qui m'ont conduit à des résultats assez importants.

Si l'on considère l'étincelle d'induction dans un microscope, disposé ainsi que je l'ai indiqué page 15, on ne tarde pas à reconnaître que cette atmosphère jaune verdâtre, qui entoure l'étincelle proprement dite, consti-

tue une large nappe de feu d'un rouge rosé qui émane du pôle positif et qui semble s'échapper d'une lèvre de lumière blanc rosé garnissant l'extrémité du rhéophore positif, comme on le voit fig. 33. Cette nappe de feu est traversée par un ou plusieurs jets lumineux d'un jaune

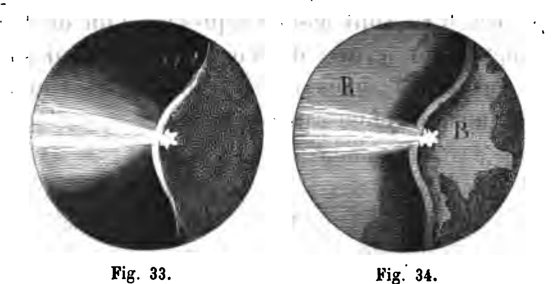


Fig. 33. Fig. 34.

verdâtre, qui s'échangent directement d'un rhéophore à l'autre, en déterminant sur eux des points lumineux scintillants dont la couleur varie suivant le métal des électrodes, mais qui sont généralement d'un jaune verdâtre avec le cuivre, d'un vert émeraude avec l'argent et le cadmium, d'un beau bleu avec le zinc et le bismuth, d'un beau jaune avec le plomb, l'or et l'étain, d'un rouge feu avec le platine et le fer. Ce sont ces jets lumineux qui constituent l'étincelle proprement dite, ou ce que nous avons appelé la décharge directe et la couleur générale de l'étincelle, à la vue simple, dépend de la couleur des points lumineux scintillants qui servent de points d'attache à ces jets avec les rhéophores. Quant à la lumière rouge, quoique très-développée, elle s'arrête brusquement avant d'atteindre le rhéophore négatif.

Au pôle négatif représenté fig. 34, et en dehors des jets lumineux blanc jaunâtre qui s'échangent directement d'un rhéophore à l'autre, apparaît une lumière

bleue B qui semble jouer le même rôle que la lumière rouge dont nous avons parlé précédemment, mais qui, au lieu de s'étendre vers le rhéophore positif, couvre en partie le rhéophore négatif, et forme autour de son extrémité extérieure une espèce de bordure d'un bleu violâtre, dont les contours sont nettement arrêtés. C'est à une petite distance de ce ruban de lumière bleue que s'arrête la lumière rouge R, et *l'intervalle complètement obscur qui sépare ces deux lumières forme entre elles une bande noire*, qui montre que la lumière rouge s'est en quelque sorte moulée sur la lumière bleue. Ces effets et les couleurs des deux lumières polaires sont généralement constants, quels que soient la nature métallique des électrodes et l'aspect, à l'œil nu, de l'atmosphère lumineuse qui entoure l'étincelle.

L'intervalle entre les deux lumières ne présente rien de particulier. C'est une nappe de feu d'un rouge rosé au milieu de laquelle on distingue les jets de feu d'un jaune verdâtre, dont nous avons parlé et dont les contours ne paraissent pas nettement arrêtés, comme on le croirait en considérant l'étincelle sans grossissement.

Si on souffle, sur l'étincelle ainsi produite, dans le microscope avec un soufflet, les deux lumières polaires rouges et bleues sont déplacées et projetées de côté, mais en présentant toujours la bande obscure dont nous venons de parler et en se moulant sur le rhéophore négatif. Alors les jets lumineux se trouvent isolés et nettement circonscrits, se détachant sur un fond noir. La fig. 35 ci-contre représente l'étincelle vue dans sa totalité avec un grossissement de 80 diamètres ; les fig. 33 et 34 représentent la même étincelle avec un grossissement de 300 diamètres. On ne peut, par conséquent, voir qu'un pôle à la fois, et les moindres aspérités des rhéophores forment alors des protubérances dans le genre de celle

que nous avons représentée. Inutile de dire que c'est le même rhéophore qui a été dessiné dans les deux figures, mais avec deux polarités différentes.

Fig. 35.

Pour que l'expérience soit bien nette et bien concluante, il faut prendre plusieurs précautions ; il faut d'abord que les rhéophores soient *plats*, taillés en pointe émoussée par les extrémités, et fortement comprimés entre deux lames de verre afin que l'étincelle soit forcée de se développer dans un même plan et seulement entre les extrémités des rhéophores; en second lieu, il faut que la tension électrique ne soit pas trop grande, afin que les jets de la décharge directe n'acquièrent pas trop d'importance. Enfin, il faut que la solution de continuité ne soit pas très-considérable (1 ou 2 millimètres environ pour 1 élément de Bunsen), pour que l'atmosphère lumineuse soit bien développée et que la lumière rouge soit bien apparente dans le microscope. Toutefois, cette distance

doit varier avec la tension du courant, et avec un peu de tâtonnements on peut arriver à obtenir le phénomène avec des distances variant de 2 millimètres à 8 millimètres, le courant inducteur variant lui-même de 1 à 2 éléments de Bunsen. Si la distance entre les rhéophores est à son maximum, eu égard à la tension du courant, la lumière rouge manque complétement entre le pôle positif et le pôle négatif, mais ces pôles sont toujours colorés l'un en rouge, l'autre en bleu, comme quand l'expérience est complète et les filets de feu jaune verdâtre subsistent seuls au milieu de la solution de continuité. Quelle que soit, du reste, l'étendue de cette solution de continuité, le transport métallique, par le courant et la fusion, voilent bientôt le phénomène, et il faut alors changer de place les rhéophores, si on veut continuer plus longtemps l'observation.

Le réglage du microscope ne souffre, d'ailleurs, aucune difficulté, car on dispose sur l'instrument la fiche préparée, comme nous l'avons indiqué page 15, avant d'établir les communications électriques, et on met l'appareil au point en se guidant sur les rhéophores dont les extrémités doivent paraître parfaitement nettes.

Quoique le transport métallique opéré par le courant soit contraire à la constatation du phénomène dont nous venons de parler, il produit dans le microscope un effet des plus curieux et des plus beaux, surtout au pôle négatif. Les lumières rouge et bleue qui passent derrière les dépôts formés successivement sur les lames de verre les illuminent des plus vives couleurs, et dessinent dans tout le champ du microscope des figures analogues à celles que nous montrent les cristallisations opérées dans le microscope solaire. Si les rhéophores sont des lames d'or, ces dépôts forment sur le verre des dorures très-unies et très-belles.

Comme je le disais, les couleurs des lumières polaires ne varient généralement pas avec les métaux qui servent d'électrodes. Cependant, si ceux-ci sont très-fusibles, très-tendres ou réduits à une minceur extrême, ou bien encore si le courant induit est très-intense, la volatilisation des particules de ces métaux sous l'influence calorifique de l'étincelle change un peu l'aspect que nous avons décrit principalement pour la lumière négative. C'est alors la lumière des points lumineux scintillants d'où partent les traits de feu de la décharge directe qui prédominent au rhéophore négatif et quelquefois même au rhéophore positif. Il en résulte, d'un côté, que la bande obscure séparant les deux lumières polaires n'existe plus et se trouve remplacée par une lueur dégradée de la couleur de ces points scintillants, et d'un autre côté, que la lumière négative se voit à peine sur le rhéophore correspondant. Mais avec des lames d'épaisseur convenable, et avec certaines précautions, on peut toujours obtenir l'effet lumineux que nous avons décrit et que l'on peut considérer comme le véritable type de l'étincelle d'induction. Nous ferons toutefois remarquer que les scintillations des métaux *durs* sont de différentes natures, suivant l'énergie de l'action calorifique de l'étincelle. Généralement, elles sont jaune verdâtre quand les métaux sont peu échauffés, mais quand ils arrivent à la température voisine de l'incandescence, ces scintillations deviennent d'un jaune rougeâtre très-caractérisé. Du reste, il faut distinguer dans ces scintillations le point central de l'espèce d'auréole qui entoure ce point; celle-ci indique seule leur couleur, car le point central est tellement éblouissant qu'il paraît toujours presque blanc. Avec les métaux facilement fusibles, ces scintillations changent moins de couleur; ainsi elles donnent lieu à des lueurs d'un beau bleu avec le zinc et le bismuth, à des lueurs vertes avec l'ar-

gent et le cadmium, à des lueurs jaunes avec l'étain et le plomb, etc. Voici, du reste, la description de ces différents effets lumineux :

Cuivre. — Lumière positive rouge, — lumière négative bleue assez étendue, — intervalle obscur caractérisé, — scintillations verdâtres, — traits lumineux de la décharge directe jaune verdâtre.

Or. — Lumière positive rouge, — lumière négative bleu violet, — intervalle obscur caractérisé, — scintillations jaune d'or, — traits de feu jaunâtres tirant un peu sur le vert.

Fer et acier. — Lumière positive rouge, — lumière négative d'un beau bleu, — bande obscure nettement arrêtée, — scintillations jaunes tirant sur le rouge, très-éclatantes au pôle positif, — traits de feu légèrement verdâtres. Au bout de quelques instants (quand les lames sont très-minces), la lumière positive rouge est complétement dominée par une lueur d'un jaune éclatant qui se fond sur les côtés avec elle, de manière à former une lueur d'un rouge feu très-prononcé ; alors la lumière négative semble noyée dans cette nouvelle lumière et se trouve parsemée de taches rouge feu qui ne sont que des agrégations de particules métalliques portées au rouge. Quand les lames sont épaisses, les scintillations sont peu apparentes et légèrement verdâtres.

Argent. — Lumière positive rouge, — lumière négative violette, sillonnée par des bandes obscures circulaires provenant de l'oxydation des lames métalliques ; — intervalle obscur nettement arrêté, — scintillations d'un vert émeraude magnifique et formant, dans la bande obscure surtout, un ou deux noyaux lumineux assez développés et d'un très-bel effet ; — traits de feu jaune verdâtre.

Aluminium. — Lumière positive rosée, — quelques traces seulement de la lumière bleue du pôle négatif sur

les bords du rhéophore négatif, — scintillations d'un blanc rosé entourées quelquefois d'une large auréole de couleur vert d'eau, — intervalle obscur occupé par une lueur d'un blanc rosé accompagnée sur les côtés de deux lueurs vert d'eau très-prononcées dont on retrouve même des traces dans le voisinage du rhéophore positif; — de temps à autre on voit sortir de ce dernier rhéophore quelques filets de petites étincelles couleur de feu sortant de scintillations d'un jaune d'or; — traits de feu de la décharge directe d'un jaune violet.

Cadmium. — Lumière positive rouge, surtout dans le voisinage du rhéophore positif; — absence de lumière négative, — scintillations d'un vert clair très-caractérisé, — intervalle obscur occupé par une belle lueur d'un vert clair assez éclatant, s'étendant parfois un peu sur le rhéophore négatif; — traits de feu de la décharge directe peu brillants et de couleur lilas.

Plomb. — Lumière positive rouge rosé, se confondant souvent avec les traits de feu de la décharge directe, — pas de lumière négative, — intervalle obscur occupé par une lueur d'un beau jaune de chrome formant comme une espèce de bordure autour du rhéophore négatif, — scintillations jaunes, — traits de feu de couleur violâtre très-contournés en zigzags, — lueur également jaune et très-intense au pôle positif. Avec des lames épaisses, l'effet lumineux est le même que celui produit par les métaux durs.

Étain. — Mêmes effets lumineux que précédemment, la nuance jaune tirant un peu davantage sur le rouge.

Bismuth. — Lumière positive rouge très-faible, ne se voyant guère que dans le milieu de la solution de continuité et dominée complétement par les scintillations produites au pôle positif, qui fournissent une lumière d'un bleu verdâtre magnifique; — lumière négative violette

assez étendue sur le rhéophore correspondant, — quelques traces d'intervalle obscur, — scintillations généralement bleues, mais présentant parfois des couleurs verdâtres et jaunâtres ; — traits de feu d'un blanc rougeâtre. Ce métal, comme le plomb, fournit au pôle positif des scintillations plus brillantes qu'au pôle négatif.

Zinc. — Lumière positive rosée, — quelques traces de lumière négative d'un bleu violet, — scintillations bleuâtres et jaunâtres, — intervalle obscur occupé par une belle lueur bleue inégale dont on retrouve aussi quelques traces au rhéophore positif, et qui se fond avec la lumière positive ; — traits de feu jaunâtres. Quand ce métal est disposé en lames épaisses, bien comprimées entre les fiches de verre et que l'étincelle a peu de tension, il présente identiquement le même effet lumineux que celui produit par le cuivre, le fer, etc.

Platine. — Lumière positive rosée, — lumière négative couleur lavande, — intervalle obscur occupé par une lumière d'un rose blanchâtre, provenant des scintillations autour du rhéophore négatif, lesquelles sont quelquefois entourées d'une auréole rouge feu. — Avec des lames un peu épaisses de ce métal on obtient un effet analogue à celui produit par le cuivre, le fer, etc.

Mercure. — Lumière positive rosée, — parfois quelques traces de lumière négative bleue que l'on aperçoit à travers les scintillations. Celles-ci, qui sont d'une blancheur éblouissante et d'un volume considérable, dominent l'effet général et fournissent une lueur blanche qui se fond d'autant mieux avec la lumière positive que les traits lumineux de la décharge directe sont alors blanchâtres. — Un effet du même genre se fait remarquer avec des rhéophores de charbon.

Puisque le milieu gazeux interposé dans une décharge conduit en grande partie cette décharge et se trouve

illuminé par elle, on comprend facilement que la couleur de cette illumination, c'est-à-dire la couleur de l'atmosphère de l'étincelle, devra se ressentir de la nature chimique du milieu gazeux lui-même. C'est en effet ce que l'expérience démontre. Ainsi, l'atmosphère de l'étincelle échangée dans l'oxygène et l'azote est d'un rouge assez prononcé ; avec le chlore, elle est verdâtre ; avec l'acide carbonique, d'un jaune bleuâtre ; avec l'acide hydrochlorique, d'un bleu assez caractérisé ; avec l'hydrogène carboné, d'un blanc bleuâtre, etc., etc. Quant aux traits de feu de la décharge directe, ils varient beaucoup moins de couleur ; ils sont toujours d'un blanc éclatant plus ou moins bleu. L'oxygène présente cependant une particularité digne d'être signalée. Comme ce gaz jouit d'une conductibilité électrique supérieure aux autres gaz, il dérive la décharge par les parois du tube de verre qui le contient et donne lieu, avant que l'étincelle éclate, à des filets lumineux plus ou moins ramifiés de couleur violette qui feraient croire au premier abord que les parois du tube seraient recouvertes d'une légère couche d'eau.

Les vapeurs jouent un rôle analogue aux gaz. La vapeur d'eau rend, comme nous l'avons déjà vu, l'étincelle d'un rouge violet. La vapeur d'essence de térébenthine la rend également rougeâtre, mais l'effet est bien moins marqué qu'avec la vapeur d'eau.

Dans les liquides combustibles, l'étincelle d'induction ne présente au microscope aucuns caractères lumineux qui distinguent les pôles ; avec l'alcool, elle est bleuâtre dans la solution de continuité et blanc verdâtre dans le voisinage des rhéophores, et donne lieu en dehors d'elle, autour de ces rhéophores, à de petits filets lumineux très-déliés imitant des racines d'arbre ; au milieu de cette lumière blanche et bleue, qui n'est autre chose que l'atmosphère de l'étincelle produite au sein de l'hydrogène

provenant de la décomposition de l'alcool, se voient les jets de la décharge directe, qui paraissent plus lumineux, très-variables dans leur position, mais qui sont moins arrêtés que dans l'étincelle à l'air libre. Dans l'huile l'étincelle d'induction constitue encore deux lueurs d'un blanc verdâtre très-éclatant dans le voisinage des rhéophores, et diminuant d'intensité vers le milieu de la solution de continuité. D'ailleurs, aucune différence entre les deux pôles, et absence complète d'intervalle obscur entre les deux lumières polaires.

Dans les liquides non combustibles, l'étincelle est assez difficile à produire, et ne paraît pas posséder d'atmosphère lumineuse. Comme pour la produire il faut employer des baguettes Wollaston, et qu'il faut une grande précision pour maintenir celle-ci au point voulu (précision qui ne peut être obtenue qu'avec l'excitateur micrométrique que nous avons décrit page 6), l'expérience microscopique est assez délicate; il faut employer alors le microscope disposé horizontalement sur un pied, car la lunette panfocale de M. Porro ne grossit pas assez pour qu'on puisse avoir une idée parfaitement nette du phénomène. Quoi qu'il en soit, l'intervention des gaz dégagés aux électrodes trouble l'aspect réel du phénomène.

Si l'on compare ensemble l'étincelle d'induction échangée à l'air libre et la même étincelle produite au sein du vide, on reconnaît qu'elles ne diffèrent l'une de l'autre que par les jets de feu de la décharge directe qui existent chez l'une et ne se retrouvent pas chez l'autre. Dans les deux étincelles, en effet, le pôle positif donne naissance à une lumière rouge plus ou moins développée en éventail, et le pôle négatif fournit une lumière bleue se développant sur une partie du rhéophore correspondant. L'espace obscur qui sépare les deux lumières existe même

dans les deux cas, et toutes les réactions extérieures qui exercent un effet sur la lumière dans le vide exercent un pareil effet sur la lumière que constitue à l'air libre l'atmosphère de l'étincelle. On peut donc conclure que cette atmosphère n'est que la représentation en miniature de la lumière d'induction au sein du vide, et que ces deux effluves électriques *sont le résultat d'une conduction secondaire du courant opérée par les milieux gazeux dilatés interposés*; laquelle donne lieu, dans le voisinage des points où les deux électricités contraires sont accumulées, à une sorte de déflagration lumineuse résultant de la résistance que rencontre le courant *au passage d'un bon conducteur à un mauvais*. Dans cette hypothèse, l'espace obscur qui sépare les deux lumières, et à travers lequel doivent s'effectuer les recompositions électriques à l'état de *décharge obscure*, serait le résultat d'une meilleure conductibilité que ce conducteur aurait acquise soit par suite d'une électrisation sur une plus grande surface (la décharge s'évasant considérablement à partir des rhéophores), soit par suite de mouvements mécaniques produits au sein du conducteur secondaire lui-même par les attractions et les répulsions électriques, lesquelles donnent lieu au curieux phénomène des stratifications.

Pour que l'analogie de l'atmosphère de l'étincelle d'induction à l'air libre, avec l'effluve de cette même étincelle au sein du vide fût complète, il fallait retrouver dans cette atmosphère les stratifications qui sont si nettes et si développées dans la lumière du vide comme on le voit fig. 36. C'est ce à quoi je suis parvenu en échangeant l'étincelle au milieu de la flamme d'une bougie. Avec une distance convenable entre les rhéophores et un mouvement lent de l'interrupteur de l'appareil d'induction, le phénomène est tellement net et arrêté que j'ai pu distinguer la nature polaire des rhéophores rien que par le

sens de la courbure des bandes stratifiées qui paraissaient à la vue simple d'une largeur égale à 1/2 millimètre. Du reste, le phénomène est complétement identique pour la couleur et l'effet à celui que présente la

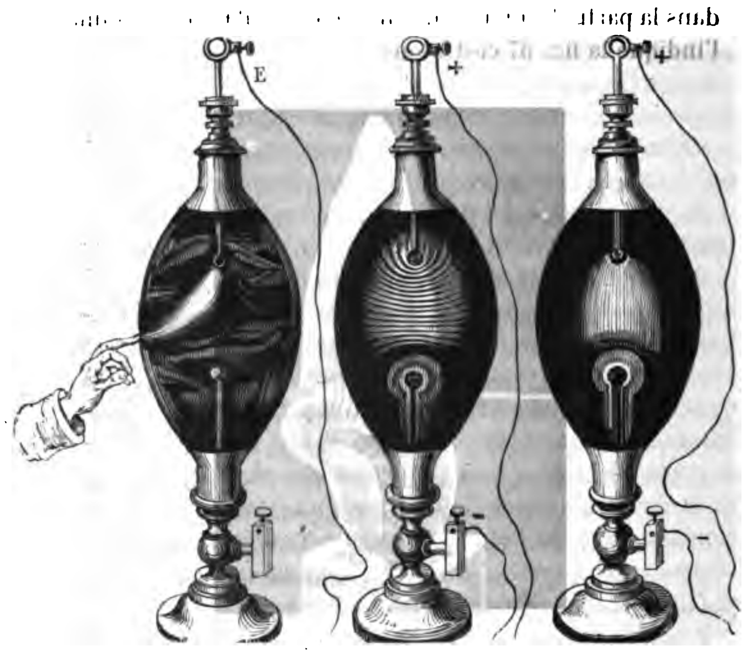


Fig. 36.

lumière d'induction au sein d'un vide fait sur de l'hydrogène. Ainsi la lumière blanche stratifiée s'arrête brusquement avant d'atteindre le rhéophore négatif qui fournirait de la lumière bleue, s'il n'était recouvert d'une couche de noir de fumée, mais qui, grâce à cette circonstance et à la chaleur dégagée à ce pôle, présente un point brillant d'un grand éclat. Quand la flamme vacille, les stratifications dont nous parlons vacillent

avec elle, de sorte qu'il faut beaucoup de soin pour obtenir le phénomène avec toute sa régularité. On ne peut réussir qu'en se mettant à l'abri des courants d'air, en retenant son haleine et en maintenant les rhéophores dans la partie la moins lumineuse de la flamme, comme l'indique la fig. 37 ci-dessous.

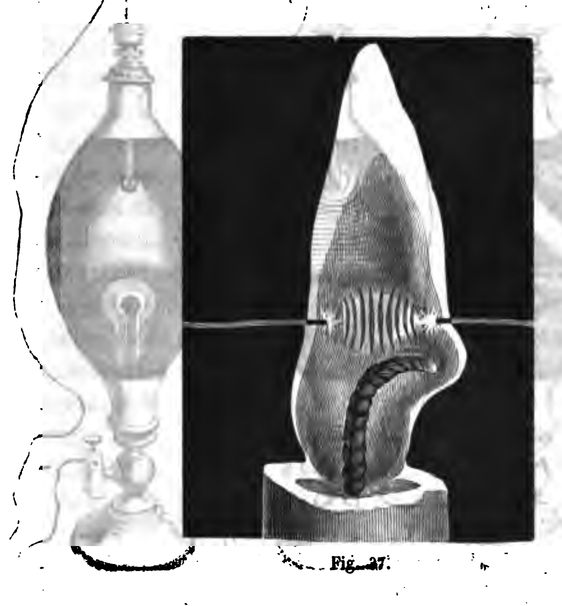


Fig. 37.

Les vibrations plus ou moins promptes de l'interrupteur de l'appareil d'induction exercent une grande influence sur les stratifications produites dans les conditions précédentes; car celles-ci sont d'autant plus nombreuses et plus serrées, que cet interrupteur vibre plus vite. C'est pourquoi il est nécessaire, pour que le phénomène apparaisse dans tout son éclat, que ces vibrations soient le plus lentes possible. Je crois, toutefois, que ce rapport entre les vibrations de l'interrupteur et les stratifications

ne doit pas être interprété comme l'a fait M. Grove, et qu'il n'entre dans le phénomène que très-secondairement. Il est probable que les vibrations lentes de l'interrupteur, en donnant plus de tension au courant induit, détermine sur le gaz dilaté des effets répulsifs plus énergiques et plus espacés, qui se traduisent par des couches gazeuses plus énergiquement condensées et dilatées, dont l'effet lumineux présente des oppositions d'autant plus frappantes qu'elles sont alors moins rapprochées les unes des autres. C'est, en effet, la théorie de M. Riess, soutenue par MM. Quet et Séguin, qui me paraît la plus rationnelle, et on pourrait, ce me semble, la définir d'une manière très-simple en disant que les stratifications de la lumière d'induction sont aux actions mécaniques de l'électricité ce que sont les vagues de la mer, les sillons parallèles sur les sables mobiles, les rides de l'eau sur un bassin d'eau dormante, par rapport aux vents. Les actions mécaniques produites aux pôles des circuits induits ne sont pas en effet les seules causes qui engendrent des stratifications, et nous avons vu que l'action des aimants sur l'atmosphère de l'étincelle d'induction en produit de très-marquées, surtout quand elle est projetée au-dessous des surfaces polaires des aimants.

J'ai recherché si je ne retrouverais pas dans l'atmosphère de l'étincelle produite au sein de différents gaz et vapeurs les stratifications que j'avais observées au milieu de la flamme d'une bougie et qui existent lorsque ces gaz ou vapeurs sont très-raréfiés, mais je n'ai pu rien découvrir bien que j'aie employé, pour observer le phénomène, les appareils grossissants dont j'ai déjà fait mention. Il est probable qu'avec des milieux gazeux aussi *denses* que ceux à travers lesquels l'étincelle éclate, et qui sont en équilibre de pression avec l'air atmosphérique, la différence de conductibilité des différentes cou-

ches condensées et dilatées, déterminées par les répulsions électriques, n'est pas assez marquée pour donner lieu à des effets lumineux distincts et appréciables à la vue.

Si l'espace obscur qui sépare les lumières rouge et bleue de l'étincelle est le point où s'effectuent les recompositions des fluides, il devrait s'ensuivre, les deux électricités ayant la même tension, que le point de la décharge occupé par lui serait précisément à distance égale des deux rhéophores. Mais il ne paraît pas en être ainsi, puisque la lumière bleue est à peine développée au delà du rhéophore négatif; on devrait donc admettre d'après cela que l'électricité dégagée au pôle positif aurait une tension supérieure à celle du pôle négatif. Voici, en effet, une expérience qui semblerait confirmer cette manière de voir :

Si on interpose dans le circuit induit d'une machine de Ruhmkorff une très-forte résistance, telle que celle que peut fournir le fil du circuit secondaire d'une seconde machine d'induction, le courant de la première machine (la seule qui sera mise en fonction) sera naturellement affaibli, et cet affaiblissement sera d'autant plus considérable que le courant aura moins de tension. Comme dans un circuit induit, où se trouve pratiquée une solution de continuité, les deux électricités contraires provenant du courant direct (le seul qui traverse la solution de continuité) chargent les deux branches disjointes de ce circuit, on peut, en interposant la résistance sur l'une ou sur l'autre de ces branches, diminuer la tension du fluide qui s'y trouve accumulé; mais si l'un des fluides a plus de tension que l'autre, cet affaiblissement se fera moins sentir chez l'un que chez l'autre, et une décharge que l'on surexcitera dans des conditions invariables s'effectuera plus aisément dans un cas que dans l'autre; or,

c'est précisément ce que l'expérience a démontré. Ainsi, quand la résistance est interposée sur le rhéophore positif, la décharge s'effectue plus facilement et de plus loin que quand elle est interposée sur le rhéophore négatif; preuve, par conséquent, que l'électricité a plus de tension au pôle positif qu'au pôle négatif. Pour que l'expérience réussisse bien, il faut que le rhéophore sur lequel on expérimente soit très-bien isolé, et c'est pourquoi il vaut mieux faire la liaison de la résistance avec la machine par le pôle extérieur de celle-ci. En second lieu, il faut employer comme excitateurs deux fils de même grosseur et de même forme, car les décharges de petites à grandes surfaces présentent des réactions tellement différentes, suivant le sens de la décharge, que les effets que nous venons d'énoncer seraient complétement dissimulés, comme nous l'avons, du reste, déjà démontré dans notre *Notice* (voir pages 47, 66 et 102).

Enfin, au lieu d'interposer alternativement la résistance sur les deux rhéophores, il est préférable, pour ne pas changer les conditions de l'expérience, de renverser le sens du courant inducteur au moyen du commutateur de la machine.

Quant à l'explication que nous avons donnée de l'interruption des deux lumières polaires près du pôle négatif, elle peut trouver sa confirmation dans les expériences suivantes, que j'ai faites avec un tube de Geissler, de la forme de la figure 38 ci-dessous, et dans lequel le vide a été fait sur de l'azote.

Dans ce tube, les boules A, B, C, D sont en communication entre elles par des tubes recourbés qui s'y ouvrent en présentant des orifices de surface bien différente. D'un côté (du côté gauche), ces tubes présentent une étroite ouverture; de l'autre, au contraire, ils s'évasent à leur entrée dans les boules. En rendant les boules D et

alternativement positives, on peut faire passer le courant alternativement d'une petite surface conductrice à une grande et d'une grande à une petite. Or, voici ce qui arrive dans les deux cas : quand le pôle positif est du côté où les

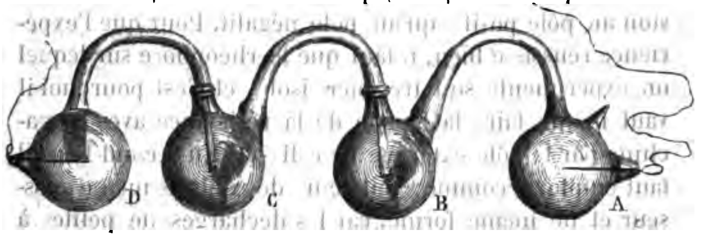


Fig. 33.

parties des tubes qui entrent dans les boules sont les plus étroites, l'effluve lumineux est beaucoup plus développé du rhéophore positif au tube et à travers les boules que dans e cas contraire. Il forme alors une cascade de feu continue et sa couleur est d'un rouge rosé. Quand, au contraire, le pôle positif est du côté opposé, cette couleur devient d'un rouge plus jaune et l'effluve à travers les boules est considérablement amoindri ; souvent même, quand la tension du courant est peu considérable, il disparaît complétement et les jets lumineux *s'arrêtent au bout des tubes de communication, ce qui produit le curieux phénomène d'un serpent de feu coupé par tronçons de distance en distance.*

Il ne faudrait pas croire que la plus grande facilité que fournit au développement de l'effluve lumineux la disposition réciproque des tubes à large ou étroite ouverture, les uns par rapport aux autres, et par rapport au sens de la décharge, soit la conséquence d'une facilité plus grande qu'aurait le courant à traverser la résistance qui lui est présentée par le tube. Il n'en est pas ainsi, car

avec la disposition polaire dans laquelle l'effluve lumineux est tout à fait discontinu (par suite d'une tension peu considérable du courant), le courant passe toujours sans difficulté et d'une manière régulière, tandis que, quand l'effluve lumineux est continu (avec la même tension du courant), la décharge au sein du tube présente de nombreuses intermittences et ne s'effectue souvent qu'après de longs intervalles.

Ces phénomènes trouvent facilement leur explication dans les lois de la transmission électrique à travers les corps médiocrement conducteurs et dans la plus grande tension de l'électricité positive que nous avons démontrée précédemment. Il résulte, en effet, de cette plus grande tension que la plus ou moins grande facilité qu'aura le courant à traverser le vide dépendra de la *manière plus ou moins favorable* dont les éléments demi-conducteurs seront disposés pour la libre transmission de ce fluide positif. Or, si l'on se rappelle que, dans les corps médiocrement conducteurs, la conduction des courants s'opère avec d'autant plus de facilité que la surface conductrice qui leur transmet l'électrisation est plus développée, on arrive à la conclusion que, si les surfaces par lesquelles l'électrisation sera communiquée à un milieu gazeux demi-conducteur sont d'une certaine étendue et placées du côté de l'effluve positif, le courant traversera plus facilement ce milieu que dans le cas où les surfaces placées du même côté seraient de petite étendue. Cet effet aura même lieu, quelle que soit la manière dont l'électricité négative sera mise en rapport avec le milieu. Mais dès que ce milieu présentera plus de résistance, il en résultera une manifestation lumineuse plus intense, et de là l'explication des effets que nous avons analysés. On voit, en effet, que quand les gaz raréfiés qui occupent la capacité des boules dans l'appareil représenté fig. 38 ne se trouvent

pas impressionnés par l'électricité positive, sur une étendue suffisante, la conduction de l'électricité est difficile et donne lieu à un fuseau de lumière continue provenant de l'insuffisance de conductibilité de la colonne gazeuse directement en rapport avec cette électricité positive. Au contraire, quand cette capacité se trouve impressionnée positivement, sur une étendue suffisamment grande, *la conduction s'opère avec facilité et sans production de lumière, parce que la colonne gazeuse électrisée est devenue bon conducteur*. Le circuit induit avec les gaz raréfiés remplissant les tubes de Geissler, comme l'atmosphère dilatée entourant l'étincelle d'induction à l'air libre, est donc dans le cas d'un conducteur solide composé de parties alternativement de grosse et petite section, et dans lequel les parties de petite section rougissent par insuffisance de conductibilité, alors que les autres restent dans leur état normal.

En appliquant les raisonnements précédents à l'espace obscur qui sépare les lumières rouge et bleue de l'étincelle, on arrive à cette conclusion que nous avons déjà émise : que cet espace n'est obscur que parce que le milieu correspondant, étant impressionné électriquement sur une grande surface par suite de l'évasement de la décharge, est devenu suffisamment conducteur pour donner lieu, en ce point, à une décharge obscure.

Il restait encore un point à éclaircir, celui de savoir pourquoi les deux lumières polaires ont une couleur différente. Pour peu qu'on examine sérieusement la question, on ne tarde pas à voir que si les deux lumières étaient dans les mêmes conditions, elles auraient la même couleur, c'est-à-dire la couleur de la lumière négative; mais comme la lumière positive traverse le milieu gazeux interposé dans la décharge, alors que l'autre reste confinée sur le rhéophore négatif, elle doit nécessaire-

ment, se trouver influencée par ce milieu, et avoir une couleur particulière, variable avec la nature du milieu. Plusieurs faits pourraient être cités à l'appui de cette opinion : d'abord, le changement de couleur de l'effluve positif avec la nature du gaz sur lequel on fait le vide ; en second lieu, les effluves résultant du pôle extérieur du circuit induit, quand le courant traverse très-difficilement le vide, lesquels effluves sont toujours bleuâtres, que le rhéophore en rapport avec le tube au vide soit positif ou négatif ; enfin, les franges lumineuses qui entourent les lames d'un condensateur mises en rapport avec le courant induit, et qui sont toujours bleuâtres, aux deux pôles du circuit.

L'absence des traits de feu de la décharge directe, au sein des gaz raréfiés, s'explique facilement par la bonne conductibilité qui se trouve alors offerte au courant, et par l'impossibilité dans laquelle se trouvent les fluides de s'accumuler en un point particulier des rhéophores excitateurs. Nous avons vu, en effet, que lorsque la tension du courant induit était assez réduite et que les rhéophores étaient très-rapprochés l'un de l'autre, les traits de feu de la décharge directe n'existaient plus et se confondaient avec l'atmosphère. On peut se convaincre de la vérité de cette assertion en examinant l'étincelle ainsi produite dans le microscope ; on ne voit alors que les lueurs rouges et bleues qui constituent l'atmosphère, et le phénomène devient alors identique à celui de la lumière du vide. Pour que l'expérience réussisse, il faut employer une pile très-faible, interposer dans le circuit une forte résistance (celle du circuit secondaire d'une deuxième machine de Ruhmkorff) et faire vibrer très-promptement l'interrupteur. Du reste, si on peut supprimer les traits de feu de la décharge à l'air libre, on peut, par réciproque, convertir en traits de feu la décharge au

soin du vide, en introduisant dans le récipient un peu d'air, ou mieux un peu de vapeur d'alcool. C'est même par ce moyen que M. de La Rive est arrivé à rendre si manifeste sa curieuse expérience de la rotation de l'étincelle d'induction sous l'influence magnétique.

VIII.

SPECTRES DE L'ÉTINCELLE D'INDUCTION.

M. Masson a fait une étude très-longue et très-consciencieuse des spectres de l'étincelle d'induction suivant les différents métaux entre lesquels elle est provoquée, et suivant les différents milieux qu'elle traverse. J'ai rapporté dans ma Notice sur l'appareil de Ruhmkorff les différentes conclusions auxquelles il était parvenu; mais à l'époque à laquelle M. Masson avait entrepris son travail, on ignorait encore la double composition de l'étincelle d'induction et les inégales propriétés lumineuses des deux pôles du circuit induit; il ne put, par conséquent, envisager la question à ce double point de vue; et croyant, comme tous les savants, que l'étincelle d'induction était homogène, il ne se préoccupa que de la rendre la plus brillante possible, en la condensant au moyen d'une bouteille de Leyde ou d'un condensateur à grande surface. Il put, de cette manière, analyser facilement toutes les raies des spectres des différents métaux, et il s'assura que les raies brillantes du spectre de l'étincelle électrique, qui varient par leur éclat, leur nombre et leur position, suivant la nature de ces métaux, ne peuvent se produire que quand il y a transport de particules matérielles par le courant; que, par conséquent,

les spectres de l'étincelle dans les liquides n'en ont point, et que les spectres de l'étincelle, au sein des différents gaz, à la pression ordinaire, ne peuvent différer aucunement sous ce rapport des spectres de l'étincelle à l'air libre. Enfin, il reconnut que, dans tous les spectres, on retrouve invariablement quatre ou cinq raies communes, qui diffèrent quelquefois par leur intensité, mais qui ne manquent jamais.

Ces quatre ou cinq raies communes, dont M. Masson parle, sont, comme je l'ai constaté moi-même dans les différents métaux que j'ai essayés, celles que nous représentons fig. 39, et qui consistent, 1° en une raie dans l'orangé; 2° en une raie à la limite du jaune et du vert; 3° en une raie dans le vert; 4° en une raie à la limite du vert et du bleu. Il y a bien encore d'autres petites raies étroites, qu'on retrouve avec plusieurs métaux différents, mais elles sont tout à fait secondaires. Nous pouvons donc considérer ces quatre raies, que nous venons de décrire, comme le type de l'étincelle électrique échangée entre des rhéophores solides, et tous les effets qui ne concorderont pas avec ces données pourront être considérés comme des phénomènes d'un autre ordre. Or, voici ce que l'on observe quand on considère attentivement l'étincelle d'induction dans son état naturel, c'est-à-dire non condensée et entourée de son atmosphère.

Quand l'étincelle est très-courte, de 1 millimètre de longueur, par exemple, le spectre qu'elle fournit est brillant et homogène, et paraît identique, à l'intensité près, avec celui que fournit l'étincelle condensée; l'atmosphère et les filets lumineux de la décharge directe se trouvent en effet à peu près confondus dans ce cas et fournissent une lumière assez vive : rien donc que de très-naturel dans cet effet. Mais quand l'étincelle est un peu longue, le spectre semble coupé longitudinalement par une es-

pèce de bande obscure qui assombrit considérablement les couleurs, et dont la largeur dépend de la longueur de l'étincelle. Si l'on analyse avec soin le phénomène, on ne tarde pas à reconnaître que la partie du spectre correspondant à cette bande est celui du jet lumineux voilé par l'atmosphère, tandis que les deux bandes brillantes qui le bordent en dessus et en dessous ne sont autre chose que les spectres des lumières polaires; on peut s'en assurer en soufflant sur l'étincelle, ou mieux en disposant celle-ci de manière que son atmosphère se sépare elle-même de temps à autre du jet lumineux. Quand le jet se trouve mis à découvert, la bande obscure longitudinale devient moins tranchée et disparaît même dans la partie rouge et verte du spectre. Lorsque l'atmosphère disparaît sans qu'on ait recours à l'insufflation, le phénomène est beaucoup plus net que quand on emploie ce moyen, car cette insufflation, au lieu d'uniformiser la teinte du spectre en rendant la bande obscure plus claire, atténue au contraire l'éclat des deux parties brillantes, ainsi que celui des raies qu'on y remarque; par contre, les trois raies dans le vert, qui sont généralement peu marquées dans la partie terne du spectre, acquièrent plus d'éclat, mais la raie dans l'orangé est affaiblie au moment de l'insufflation. C'est avec l'étincelle échangée verticalement entre deux rhéophores de zinc ou de cadmium que ces différents effets sont les plus faciles à saisir, car dans ces conditions les lumières polaires produisent le même spectre que le jet lumineux lui-même, ou du moins l'effet général est dominé par les raies dans le bleu et le vert, qui sont si éclatantes avec ces étincelles, et qu'on suit aisément à travers la partie sombre du spectre.

Avec la plupart des métaux *durs*, les spectres des lumières polaires, particulièrement celui du pôle négatif,

diffèrent du spectre terne, du jet lumineux voilé par l'atmosphère. Le spectre de la lumière négative semble divisé en cinq sections nettement tranchées, illuminées d'un côté et terminées de l'autre par une ombre très-prononcée.

Fig. 39.

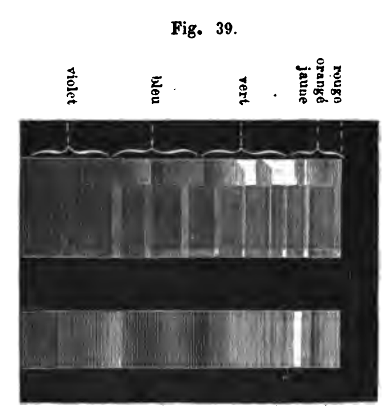


Fig. 40.

cée. La première section s'arrête au jaune; elle ne présente rien de particulier; les couleurs rouge orangé et jaune semblent plutôt fondues; mais à la limite du jaune et du vert les sections ombrées se montrent avec toute leur régularité; la première de celles-ci comprend les couleurs depuis le jaune jusqu'au vert pomme; la seconde, depuis le vert pomme jusqu'à la limite du vert et du bleu; la troisième, depuis cette limite jusqu'à celle du bleu et du violet; enfin, la quatrième s'étend du violet au noir. Quelquefois ces sections présentent quelques raies claires et des lignes ombrées. D'autres fois, elles ne présentent qu'une teinte uniforme. Cela dépend vraisemblablement de l'intervention du jet lumineux de la décharge directe qui, en traversant la lumière négative, mélange les deux lumières, et détermine une superposition de spectres.

Effectivement, si on analyse une même étincelle dans des conditions telles que dans un cas le spectre du jet de feu présente ses raies caractéristiques et que dans un autre cas il n'en présente aucune, on pourra reconnaître que les raies de la lumière négative peuvent disparaître sans que la disposition du spectre de cette lumière, par *sections ombrées,* change. Pour faire cette expérience, il suffit d'étudier une même étincelle excitée tour à tour à l'air libre et au milieu de la flamme d'une bougie. Dans le premier cas, on voit des raies au milieu des sections du spectre de la lumière négative; dans le second, on n'en voit aucune.

Ce qui est très-remarquable dans le spectre de la lumière négative de l'étincelle à l'air libre, c'est que la partie violette du spectre est infiniment plus brillante et plus claire que la partie correspondante du spectre du jet lui-même; et comme, d'ailleurs, les raies brillantes peuvent exister dans ce dernier spectre sans exister dans l'autre, ainsi que nous venons de le voir, les deux spectres superposés ont des couleurs qui ne semblent pas se correspondre, comme le montre, du reste, la figure 39.

La plupart des métaux durs que j'ai essayés fournissent, pour la lumière négative, un spectre analogue à celui que je viens de décrire; mais les métaux facilement fusibles et volatils, tels que le zinc, le bismuth, l'aluminium, le cadmium, le plomb et même le charbon, par cela même qu'ils favorisent, au préjudice de cette lumière négative, le développement des scintillations lumineuses d'où naissent les traits de feu de la décharge directe (voir page 79) fournissent au pôle négatif un spectre qui n'est, en définitive, autre que celui de ces scintillations si brillantes, et, par conséquent, que celui du trait de feu lui-même. Or, comme ces scintillations ont une couleur propre pour

chaque métal, il devient facile d'expliquer l'éclat particulier qu'acquièrent les raies du spectre de l'étincelle échangée entre ces métaux dans celle des couleurs de ce spectre, qui correspond à la couleur des scintillations. C'est pourquoi les raies les plus brillantes du spectre de l'étincelle, échangée entre des rhéophores de zinc et de bismuth, sont dans le bleu. C'est pourquoi encore les raies brillantes du spectre de l'étincelle, échangée entre des rhéophores de cadmium et d'argent, sont dans le vert tendre, etc. Quant au charbon, l'éclat si vif de la lumière négative qu'il produit fait qu'on ne peut distinguer aucune raie brillante dans le spectre de cette lumière, qui ne paraît d'ailleurs différer en rien du spectre ordinaire.

Le spectre brillant fourni par la lumière positive est tellement étroit, qu'il est bien difficile de l'analyser; cependant, on reconnaît en lui à peu près les mêmes caractères que ceux du spectre obscur. De sorte que l'on peut conclure en somme que, *sauf l'éclat, le spectre du jet lumineux de l'étincelle d'induction, entouré ou non de son atmosphère, représente dans sa partie positive celui que M. Masson a observé avec l'étincelle électrique condensée.*

Il nous reste maintenant à étudier le spectre de la lumière de l'atmosphère. Mais pour qu'on puisse s'en faire une idée plus nette, nous dirons que depuis les recherches de M. Masson, plusieurs physiciens, entre autres MM. Dove et Plucker, ont recherché la nature physique de la lumière d'induction au sein de vides faits sur différents gaz ou vapeurs, et ils n'ont par tardé à reconnaître que, si le transport des particules matérielles agit assez puissamment sur l'aspect physique de la lumière de l'étincelle à l'air libre pour qu'on puisse reconnaître la nature des corps conducteurs entre lesquels cette étincelle a été échangée, la nature des gaz sur lesquels a été

fait le vide traversé par l'étincelle affecte tellement l'aspect de cette dernière que par son analyse prismatique on peut déduire *à priori* la nature du gaz sur lequel le vide a été fait. Bien plus même, on a reconnu que la nature physique de la lumière fournie aux deux pôles du circuit n'est pas la même [1].

1. Je me suis étendu longuement sur les différents spectres de la lumière au sein des gaz raréfiés dans la 4e édition de ma Notice sur l'appareil de Ruhmkorff. Je n'y reviendrai donc pas ici; mais pour rendre la comparaison facile entre ces spectres et ceux de l'atmosphère de l'étincelle, je crois devoir reproduire ici les dessins des spectres de la lumière positive et négative dans un vide fait sur de l'azote et sur de l'hydrogène carboné.

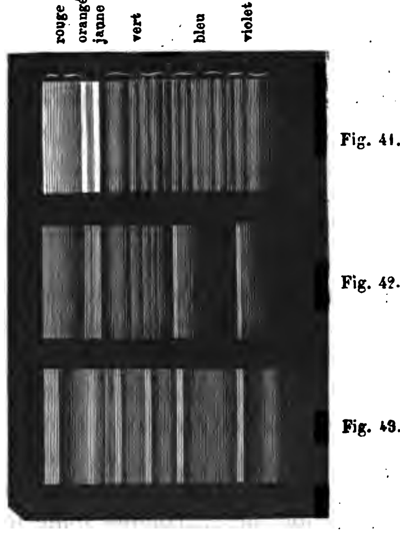


Fig. 41.

Fig. 42.

Fig. 43.

La figure 41 représente le spectre de la lumière positive de l'étincelle dans le vide fait sur l'azote. Il présente, comme on le voit, une série d'ombres dégradées qui coupent toutes les couleurs et qui sont au nombre de 12 ou 14 environ dans la partie la plus réfrangible du spectre depuis

Pour faire l'analyse prismatique de l'atmosphère de l'étincelle d'induction, il faut nécessairement dédoubler celle-ci par l'insufflation, car la présence du jet brillant tue complétement cette lumière. Le meilleur moyen pour obtenir de cette manière une atmosphère bien lumineuse et bien homogène est d'employer un électro-aimant énergique. On munit à cet effet l'électro-aimant décrit page 10,

le vert. Ces ombres déterminent ainsi des bandes colorées dont la largeur et l'éclat diminuent à mesure qu'elles se rapprochent des limites des couleurs (vert, bleu, indigo, violet), ce qui forme comme une teinte obscure dégradée qui voile le spectre en ces différentes limites. La première bande verte à partir du jaune, dont elle est séparée brusquement par une de ces ombres noires est très-large; les autres sont beaucoup plus étroites et plus ternes. Quant au rouge, qui est très-éclatant, il est brusquement séparé de l'orangé par une ombre dont la dégradation est du côté du rouge, c'est-à-dire du côté opposé à celle de l'ombre de la bande verte. Une pareille ombre, mais moins intense, se fait également remarquer à la limite de l'orangé et du jaune.

Le spectre de la même lumière au pôle négatif n'est qu'un diminutif du spectre précédent, mais il est, comme on le voit fig. 42, très-caractéristique. Les parties rouges, orangées, et jaunes sont à peu près les mêmes, sauf qu'elles ont beaucoup moins d'éclat; mais les parties bleues et violettes ne sont représentées que par deux raies claires très-prononcées (gris lavande et gris violet), séparées l'une de l'autre et du vert par des bandes obscures très-larges et dégradées d'un côté.

Le spectre de la lumière positive dans un vide fait sur de l'hydrogène que nous avons représenté fig. 43, se rapproche un peu de celui de l'étincelle à l'air libre échangée entre des rhéophores de cadmium. Cette fois les couleurs s'étalent d'une manière continue et on ne remarque d'ombre prononcée que dans le rouge. Cette ombre détache sur cette couleur une raie très-vive et va en mourant jusqu'à l'orangé; le jaune est peu apparent, il est remplacé par une teinte composée de jaune, d'orangé et de vert. Cette dernière couleur est traversée par trois raies claires et minces, dont l'une est jaune vert, la seconde d'un vert brillant et la troisième d'un vert bleu très-éclatant. Dans le bleu on distingue une raie bleu clair nettement arrêtée, puis une bande plus large de bleu indigo sans contours bien définis. Au pôle négatif la lumière, qui est d'un bleu très-pâle, présente un spectre analogue à celui du même pôle avec la lumière précédente.

Les partisans de la nouvelle théorie chimique pourraient voir dans ce spectre une preuve de la métallicité de ce gaz.

de son sytème excitateur, comme on le voit figure ci-dessous ; et après avoir placé les deux rhéophores de manière à provoquer une décharge dans le sens équatorial, on fait passer le courant à travers l'électro-aimant, de

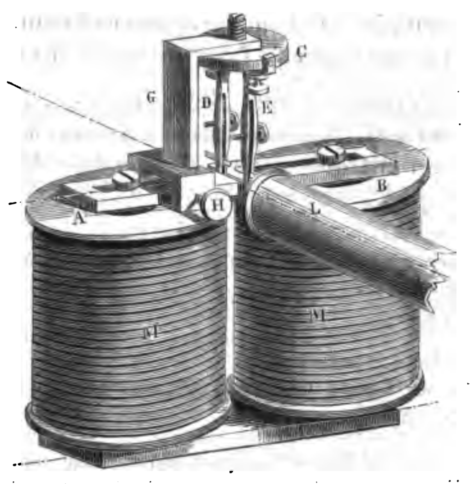


Fig. 44.

manière à projeter l'atmosphère au-dessous des surfaces polaires, c'est-à-dire entre les deux pôles eux-mêmes. On place alors la lunette spectre en L de manière à viser l'atmosphère sur sa tranche, et l'on finit par distinguer le spectre, qui n'est jamais bien brillant quand la lunette spectre est munie de sa lunette grossissante, mais qui devient cependant suffisamment distinct quand on retire cette dernière lunette de l'appareil analyseur.

En examinant pendant longtemps et avec beaucoup d'attention ce spectre, on reconnaît qu'il représente exactement celui de la lumière positive de l'étincelle d'induc-

tion échangée au sein d'un vide fait sur l'air atmosphérique ou sur l'azote. Ainsi, on remarque une ligne ombrée prononcée dans le rouge, près de sa limite avec l'orangé et de nombreuses lignes sombres sillonnent transversalement les couleurs vertes, bleues et violettes. Ces lignes, il est vrai, sont peu marquées et très-instables; mais on les aperçoit par instants d'une manière tout à fait distincte. Deux d'entre elles, situées sur la limite du jaune et du vert, se voient même d'une manière permanente. On remarque encore, comme dans le spectre de la lumière positive au sein du vide, de larges ombres fondues des deux côtés, aux limites des couleurs vertes, bleues et violettes, qui effacent un peu la couleur bleue, et qui semblent faire des deux extrémités du spectre les parties les plus brillantes.

Le spectre que nous venons de décrire, et qui est représenté figure 40, est toujours le même, quelle que soit la nature métallique des rhéophores. Il n'y a guère que la bande colorée correspondant à l'orangé qui, par son plus ou moins d'éclat, indique que l'atmosphère projetée est plus ou moins rouge; l'étain se fait remarquer par le brillant de cette bande, qui est même plus vif que celui de la même bande dans le spectre de l'atmosphère de l'étincelle produite entre des rhéophores de charbon de cornue. Le bismuth, outre cette bande brillante, a une tendance à fournir une raie brillante dans le bleu, ce qui tient à la grande fusibilité et au peu de ténacité de ce métal qui permet le transport des particules métalliques par le flux de quantité. Le charbon de braise ayant encore moins de ténacité, le spectre de l'atmosphère insufflée de l'étincelle échangée entre des rhéophores de cette nature représente un véritable spectre de lumière électrique (due à la fusion des métaux) qui est très-beau dans son aspect. La raie dans l'orangé surtout, ainsi que les raies dans le rouge et

dans le vert à la limite du jaune, présentent même un éclat d'autant plus splendide que le fond paraît relativement obscur[1]. Le rouge paraît aussi plus cramoisi que dans les autres spectres; mais une chose assez curieuse, et qui montre que c'est bien aux particules matérielles entraînées par le flux électrique que sont dues les raies brillantes dont nous venons de parler, c'est que par intervalles ce spectre présente l'aspect du spectre ordinaire de l'atmosphère insufflée. Du reste, d'après la description que avons faite page 18 et 55, de l'atmosphère de l'étincelle échangée entre deux charbons de braise, on comprend facilement qu'il était impossible qu'on pût retrouver dans son spectre les caractères du spectre de la lumière du vide.

Dans la flamme d'une bougie, l'atmosphère de l'étincelle d'induction, qui prend un développement considérable, ne présente aucune des raies brillantes de la lumière positive dans un vide fait sur de l'hydrogène. Le spectre de la flamme est rendu seulement plus lumineux en cet endroit, et on ne remarque de particularités que dans la lumière du pôle négatif, qui fournit les sections isolées dont nous avons parlé. Cette absence de raies vient sans doute de ce que l'effet est voilé par la lumière de la bougie[2].

Le jet brillant de la décharge directe dans l'étincelle provoquée de la part d'une surface liquide, se confondant

1. Voici les raies principales qu'on remarque dans ce spectre : deux raies brillantes dans le vert, une raie dans le bleu, une raie dans l'orangé et une raie dans le rouge.

2. Quand on fait cette expérience, on remarque qu'un dépôt rapide de charbon se fait sur les deux rhéophores sous forme de branchages ; mais, chose assez particulière, il est plus considérable au pôle positif qu'au pôle négatif. Quand on intervertit le sens du courant, ce dépôt s'enlève même en partie au pôle positif, comme dans le phénomène de la formation de l'arbre de Saturne sous l'influence électrique.

avec l'atmosphère de celle-ci, il était à supposer que e spectre de cette étincelle, dans son entier, devait être le même que celui de l'atmosphère projetée des autres étincelles ; c'est en effet ce que l'expérience démontre, et dans ce fait on peut voir une nouvelle preuve que c'est bien au transport des particules métalliques que le trait brillant de la décharge directe doit tout son éclat.

Si le spectre de l'étincelle d'induction ne varie pas à l'air libre, suivant la nature métallique des rhéophores, en revanche, il varie suivant la nature gazeuse du milieu à travers lequel l'étincelle éclate et représente toujours un diminutif du spectre de la lumière positive dans un vide fait sur le gaz composant ces différents milieux. Pour faire cette expérience, on se sert du tube décrit page 16, qu'on introduit entre les pôles de l'électro-aimant, dont nous avons parlé précédemment ; on fait arriver dans le tube le gaz qu'on veut expérimenter au moyen des deux ouvertures qui y sont pratiquées, et par le moyen de l'électro-aimant on insuffle l'atmosphère de l'étincelle, qu'on analyse comme précédemment. Nous ne décrirons pas les spectres produits par ces différents gaz, car nous sortirions du cadre que nous nous sommes tracé[1]. Cette étude, d'ailleurs, peut être faite d'une manière beaucoup plus facile à l'aide des tubes vides, en employant le système de M. Plucker ; il nous suffisait de constater par cette expérience que l'analogie de l'atmosphère de l'étincelle avec l'effluve lumineux produit au sein du vide se maintient jusque dans les caractères physiques les plus compliqués de ces deux effluves électriques.

1. Le spectre de l'atmosphère de l'étincelle d'induction dans l'oxygène présente quelques raies claires dans le jaune, le vert et le bleu; celui de cette même atmosphère, dans l'acide carbonique, ne présente aucunes raies et a un aspect nuageux caractéristique.

Si nous comparons maintenant le spectre de la lumière négative de l'étincelle à l'air libre avec celui de la même lumière au sein du vide, que nous avons représenté fig. 42, on reconnaît aussi une grande analogie, car les deux raies claires que l'on remarque dans le bleu et le violet de ce dernier spectre, et qui sont légèrement dégradées d'un côté, ressemblent considérablement aux sections bleues et violettes du spectre de la lumière négative représenté fig. 39, et l'analogie pourrait être reconnue d'une manière plus complète avec les couleurs vertes et rouges, si la lumière négative au sein du vide étant plus brillante donnait un spectre plus arrêté.

Il n'est pas inutile de dire que dans toutes mes expériences j'ai reconnu, comme l'avait du reste constaté M. Masson, que les raies fournies par l'étincelle échangée entre différents conducteurs sont d'autant plus brillantes et plus nombreuses dans l'une ou l'autre des couleurs du spectre, que l'aspect général de l'étincelle appartient à l'une ou à l'autre de ces couleurs. Ainsi, dans le spectre avec rhéophores de zinc, les raies les plus brillantes sont dans le bleu, à cause de la couleur bleue de cette étincelle. Dans le spectre avec rhéophores en charbon, c'est dans le rouge et l'orangé que les raies sont les plus brillantes, parce que l'aspect de l'étincelle entre deux charbons est rouge. Les raies sont plus nombreuses dans le vert avec les rhéophores de cuivre, parce que l'étincelle avec des rhéophores de cette nature est légèrement verdâtre. Enfin, la couleur violette est plus brillante et plus accentuée dans le spectre de la lumière négative que dans les autres spectres, parce que cette lumière est violette.

Au moment de mettre sous presse, nous apprenons que M. Lissajous vient de faire une expérience intéressante sur l'étincelle d'induction, qui démontre complétement notre manière de voir sur l'origine de l'atmo-

sphère lumineuse de cette étincelle. Cette expérience consiste à examiner l'étincelle en question dans un miroir qu'on agite à la main. « On voit alors, dit M. Lissajous, que l'atmosphère lumineuse s'étale en une longue bande de couleur fauve dont l'étincelle proprement dite occupe l'extrémité postérieure sous forme d'un trait de feu. On doit donc en conclure que l'atmosphère commence au moment où l'étincelle éclate, et persiste pendant une certaine fraction de seconde. » M. Lissajous croit que cette expérience démontre que la seconde partie de l'étincelle est composée de matières pondérables arrachées aux pôles de l'excitateur, lesquelles constituent, entre ces deux pôles, un arc incandescent et conducteur. Nous avons déjà démontré que cette action pouvait exister avec des rhéophores de charbon ou de métaux très-fusibles, mais la véritable cause, la cause initiale est, comme nous l'avons dit, la raréfaction du milieu interposé, par suite des répulsions électriques polaires. Ce milieu, en effet, étant devenu par cela même demi-conducteur, rougit jusqu'au moment de la rentrée de l'air après chaque décharge.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Si, en résumant par la pensée les différents phénomènes que nous avons exposés dans ce Mémoire, on cherche à déduire les conséquences auxquelles ils conduisent, on ne tarde pas à reconnaître :

1° Qu'une décharge électrique peut être modifiée, non-seulement dans ses effets, mais encore dans sa constitution et son aspect par le milieu à travers lequel elle éclate, et l'état de tension ou de quantité des fluides qui la provoquent.

2° Que quand cette décharge s'effectue à travers un très-bon conducteur, elle est ce que l'on appelle à l'état de *décharge obscure*, mais que si elle se manifeste à travers un corps mauvais conducteur, elle donne lieu à une déflagration lumineuse *très-brillante* et accompagnée d'un bruit plus ou moins fort, quand le corps interposé est mauvais conducteur; *moins brillante, mais plus développée*, et sans accompagnement de bruit, quand ce corps est médiocrement conducteur ou conducteur secondaire, tels que l'air échauffé, l'air très-raréfié, certains liquides très-divisés ou déposés par couches très-minces, les corps métalliques eux-mêmes réduits à une grande ténuité.

3° Que, comme dans ces différents cas, il y a production de chaleur et d'effets mécaniques, lesquels peuvent modifier les conditions de conductibilité du milieu traversé par la décharge, l'étincelle électrique qui résulte de cette décharge peut, en subissant la réaction des effets qu'elle engendre, changer de nature suivant l'énergie des réactions produites, c'est-à-dire suivant l'état de quantité et de tension des fluides développés.

4° Qu'en conséquence l'étincelle électrique doit fournir : 1° quand les fluides qui la déterminent sont en quantité, un effluve lumineux, sans jet ou éclair brillant, lequel effluve provient de la conduction de l'air très-échauffé et des particules matérielles entraînées par le courant ; c'est le cas de la lumière électrique fournie par une pile énergique; 2° quand les fluides n'ont que de la tension un trait de feu, sans effluve lumineux (du moins si la disposition des rhéophores ne favorise pas leur écoulement) ; c'est le cas de l'étincelle des machines électriques ordinaires ; 3° quand les fluides sont à la fois en quantité et en tension, un trait de feu accompagné d'un effluve lumineux, ce qui est le cas de l'étincelle d'induction.

5° Que, dans ce dernier cas, *deux mouvements électriques*

différents paraissent être propagés simultanément à travers le même circuit, et qu'on pourrait peut-être en rendre compte en les attribuant à *une double conductibilité des corps par la surface et par la masse,* laquelle seriat bien différente, ainsi que l'a démontré M. Gaugain.

6° Que l'atmosphère lumineuse qui entoure l'étincelle d'induction, n'étant qu'une espèce de matelas d'air devenu lumineux par le passage du courant, peut être impressionnée par les causes qui réagissent sur les gaz et les courants mobiles; par conséquent, elle peut être projetée sous la forme d'une nappe lumineuse et même être séparée complétement du jet de feu qui constitue la décharge directe, soit par une forte insufflation, soit par l'action d'aimants énergiques.

7° Que, comme cette atmosphère en raison de son rôle de conducteur secondaire contient l'électricité en plus grande *quantité* que les jets directs, elle doit produire des effets calorifiques magnétiques et chimiques infiniment plus énergiques que ces jets.

8° Que, réciproquement, les jets de la décharge directe ayant plus de *tension* que la décharge à travers l'atmosphère lumineuse peuvent produire des effets mécaniques et physiologiques que cette décharge ne saurait engendrer.

9° Que les étincelles d'induction ne sont dépouillées de leur atmosphère que quand, par une cause quelconque, soit absorption directe de la chaleur polaire, soit dérivation par un bon conducteur, soit affaiblissement notable du courant induit, le milieu interposé dans la décharge n'est pas suffisamment échauffé ou dilaté pour être conducteur du flux de quantité.

10° Que si, par un moyen quelconque, soit l'interposition de la flamme d'une bougie, soit un effet mécanique tendant à produire une dilatation partielle de la couche

d'air interposée dans la décharge, soit l'introduction dans cette couche d'air de substances conductrices, telles que de la vapeur d'eau, de la vapeur de benzine, etc., on parvient à créer un conducteur secondaire aériforme, l'atmosphère lumineuse manquant à une étincelle peut reparaître de nouveau.

11° Qu'en modifiant les conditions de conductibilité du milieu interposé à travers la décharge, on peut faire prédominer l'une ou l'autre des parties constituantes de l'étincelle. Ainsi, en rapprochant très-près l'un de l'autre les deux rhéophores, les jets de feu finissent par se confondre avec l'atmosphère, tandis qu'en les éloignant l'atmosphère lumineuse peut disparaître presque complétement.

12° Que toute réaction mécanique produite sur le milieu gazeux traversé par la décharge, et exercée dans le sens même de celle-ci, contribue puissamment à faciliter le passage de l'étincelle ; que conséquemment l'insufflation pratiquée d'un rhéophore à l'autre, la réaction d'une décharge voisine, les répulsions mêmes produites aux pôles du circuit induit, sont des moyens de renforcement de l'étincelle.

13° Que, par la même raison, la réaction réciproque des deux flux de l'étincelle d'induction l'un sur l'autre contribue beaucoup à la transmission du courant à travers le conducteur secondaire formé par l'air dilaté.

14° Que l'atmosphère lumineuse qui accompagne l'étincelle d'induction n'est autre chose que l'effluve lumineux que produit cette étincelle au sein du vide, comme le démontrent les expériences microscopiques; par conséquent toutes les réactions qui exercent un effet sur cette atmosphère peuvent exercer un pareil effet (seulement plus amplifié) sur la lumière au sein du vide et réciproquement.

15° Que, en conséquence, la lumière de l'atmosphère, dans des conditions données, peut être stratifiée; c'est ce que l'expérience démontre.

16° Que l'électricité, dégagée au pôle positif de l'appareil d'induction, ayant plus de tension que l'électricité dégagée au pôle négatif, traverse seule la solution de continuité, tandis que l'électricité négative se trouve confinée sur le rhéophore négatif.

17° Qu'il en résulte que la couleur de la lumière positive doit varier suivant la nature du gaz interposé dans la décharge, tandis que celle de la lumière négative, qui représente la véritable couleur de l'étincelle fournie par le flux de quantité, devra rester toujours à peu près la même.

18° Que l'éclat et la blancheur du jet brillant de l'étincelle d'induction tiennent au transport des particules métalliques arrachées aux rhéophores.

19° Que, pour que ce jet brillant puisse avoir tout son éclat, la présence de deux rhéophores métalliques est indispensable; un seul ne peut suffire et c'est pourquoi l'étincelle provoquée par un rhéophore métallique de la part de la surface d'un liquide conducteur n'a jamais d'éclat.

20° Que, quand on surexcite l'étincelle de la part d'une surface liquide avec un rhéophore métallique, l'autre rhéophore étant plongé dans ce liquide, l'atmosphère et le jet de tension se confondent ensemble et pénètrent dans le liquide en donnant des effets qui varient suivant la nature polaire du rhéophore excitateur; mais ils peuvent être séparés, si on rapproche assez les deux rhéophores pour donner lieu à une décharge directe. *Alors le jet de tension, qui devient d'une blancheur éclatante, glisse à la surface du liquide, tandis que l'atmosphère continue à passer à travers le liquide lui-même* en conservant dans la solu-

tion de continuité sa couleur et ses propriétés physiques.

21° Que le spectre de l'étincelle d'induction non condensée varie suivant qu'on l'étudie avec la lumière de l'un ou l'autre des deux flux composant l'étincelle, mais qu'on peut conclure d'une manière générale que le spectre de la lumière de l'atmosphère se rapproche considérablement de celui de la lumière positive, produite au sein d'un vide fait sur l'air atmosphérique, tandis que celui du trait de feu n'est que la reproduction du spectre produit par la fusion électrique des métaux.

22° Que ce dernier spectre (celui du trait de feu), avec une étincelle un peu longue, n'est pas homogène et se compose de 3 spectres superposés, l'un correspondant à la lumière accumulée au pôle positif, le second au jet lumineux, et le troisième à la lumière négative, lesquels spectres sont différents par leur disposition.

23° Que le spectre de la lumière négative est caractéristique en ce sens qu'il varie peu et que les différentes couleurs qui le composent sont séparées les unes des autres d'une manière tranchée, et se présentent chacune avec un côté brillamment illuminé, et un autre côté dans l'ombre, la lumière violette paraissant d'ailleurs très-brillante, quoique appartenant à la partie la plus sombre du spectre.

24° Que le spectre de la lumière du jet de feu, qui est plus sombre que celui des deux lumières polaires, soit par suite de l'affaiblissement de flux électrique et de son instabilité, soit par suite de l'interposition de son atmosphère, représente exactement le spectre avec raies brillantes produit par la fusion des métaux. Il varie par conséquent suivant la nature des métaux entre lesquels s'échange l'étincelle et n'est autre chose que le spectre étudié par M. Masson.

25° Que le spectre de la lumière positive n'est rien autre

chose que le précédent, mais avec plus d'éclat; il est d'ailleurs rudimentaire.

26° Que le spectre de l'atmosphère de l'étincelle est toujours le même, quelle que soit la nature métallique des rhéophores, et varie seulement suivant la nature gazeuse du milieu traversé par la décharge.

27° Que dans toutes les réactions citées précédemment le courant induit se comporte comme s'il n'y avait qu'un seul courant, toujours dirigé dans un même sens, attendu que le courant inverse, n'ayant pas assez de tension pour vaincre une solution de continuité, se trouve éliminé.

28° Que dans les circuits continus, ce courant inverse pouvant manifester sa présence, il en résulte : 1° que les déviations du galvanomètre sont nulles dans les circuits métalliques peu résistants ; 2° que l'on peut faire prédominer, séparément dans deux circuits dérivés différents, les deux courants inverses et directs, en rendant ces circuits très-résistants, l'un au moyen d'une forte résistance métallique, l'autre par une solution de continuité que l'on rend légèrement conductrice par l'interposition de la flamme d'une bougie.

29° Que les réactions extérieures produites sur l'étincelle exercent sur l'intensité du courant induit un effet qui est généralement en rapport avec la plus ou moins grande conductibilité qui en résulte pour le milieu gazeux interposé dans la décharge. D'où l'on peut conclure : 1° que l'interposition de la flamme d'une bougie dans une décharge augmente dans un rapport très-grand l'énergie du courant ; 2° que l'insufflation de l'atmosphère de l'étincelle, soit par un courant d'air, soit par un aimant affaiblit considérablement le courant, et d'autant plus que l'insufflation est plus forte ; 3° que la nature plus ou moins fusible ou combustible des rhéophores

entre lesquels s'échange l'étincelle influe beaucoup sur l'énergie du courant ; 4° qu'avec des rhéophores de différente nature la polarité négative donnée au rhéophore le plus fusible ou le plus combustible accroît sensiblement l'énergie du courant ; 5° que l'étendue des surfaces terminales des rhéophores exerce également une action marquée sur l'intensité du courant, lequel est plus fort quand il va d'une petite surface à une grande, que quand il va d'une grande à une petite ; 6° que l'intensité du courant, suivant la longueur de l'étincelle, ne suit pas simplement la loi des résistances, mais encore la loi des résistances combinée à celle de la propagation de l'échauffement.

FIN.

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOIT, 7.



